CÁMARA MEXICANA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA CONSTRUCCIÓN

Maestría en Administración de la Construcción

SISTEMAS DE INNOVACIÓN CONSTRUCTIVA DE MUROS EN CIUDAD JUAREZ

TESIS

Que para obtener el grado de Maestro en Administración de la Construcción

Presenta: **Oscar Montes Ibarra**

Asesor: Dr. Arturo Perlasca

Estudios con reconocimiento de validez oficial por la Secretaría de Educación Pública, conforme al acuerdo No. 954061 de Fecha 7 de Marzo de 1995

CD Juárez, Chih., 2002

INDICE

RESUMEN.....1

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN..... 3

1.1 Problema de la investigación.....3

1.2 Justificación del estudio.....5

1.2.1 Justificación económica.....5

1.2.2 Justificación social.....5

1.3 Objetivo.....6

1.3.1 Genérico.....6

1.3.2 Especifico.....6

1.4 Tipo de estudio.....6

CAPÍTULO II

MÉTODO.....7

2.1 Hipótesis.....8

2.2 Modelo operacional de las variables 8

2.3 Descripción de las variables.....8

2.4 Diseño de la investigación.....8

CAPÍTULO III

PREFABRICADOS TILT– UP.....9

3.1 Antecedentes.....10

3.2 Proceso constructivo.....10

3.3 Propiedades.....22

3.4 Ventajas.....24

CAPÍTULO IV

CONCRETO CELULAR (CONTEC).....26

4.1 Antecedentes.....27

4.2 Proceso constructivo.....28

4.3 Propiedades.....37

4.4 Ventajas.....44

CAPÍTULO V

PERFORM – WALL (RASTRA).....45

5.1 Antecedentes.....46

5.2 Proceso constructivo.....47

5.3 Propiedades.....59

5.4 Ventajas.....62

CAPÍTULO VII

TABLA DE USOS.....64

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....65

BIBLIOGRAFÍA.....66

ANEXOS

ANEXO 1: Clasificación de las construcciones.....68

ANEXO 2: Resistencia al fuego.....74

ANEXO 3: Clasificación acústica.....78

RESUMEN

Hoy en día vivimos inmersos en forma constante y global en un marco de cambios y revoluciones tecnológicas. Por ello es de vital importancia para el constructor estar informado de los últimos avances, principalmente en los relacionados con esta industria, ya que la incorporación de los adelantos a los procesos constructivos conduce a proyectos exitosos y sustentables.

La tecnología ha tenido que desafiar el arraigo y el rechazo al cambio, pero esta, es un excelente facilitador de la productividad, que puede marcar la diferencia en ganar un contrato e inclusive la permanencia de la empresa en el mercado.

El objetivo del estudio es dar a conocer los principales sistemas constructivos innovadores de muros en CD. Juárez, para que el constructor tenga una herramienta que le oriente a tomar decisiones que lo conduzcan a ser mas competitivo y eficiente.

Se describen tres sistemas de muros: Tilt-up, concreto celular (contec) y perform wall, enunciando sus antecedentes, proceso constructivo, propiedades, ventajas y aplicaciones.

La estrategia a implantar por la empresa constructora competitiva dentro de su administración, en el área de tecnología, tendrá que ser la modulación de elementos constructivos, el aprovechamiento de los avances en sistemas de edificación, y el cumplimiento de las especificaciones en el área de calidad, sin olvidar que la capacitación es un factor determinante para llevar a cabo estos cambios.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

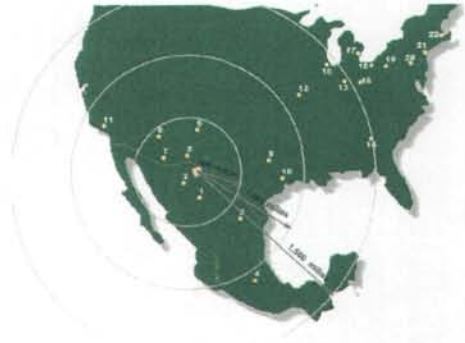
1.1.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La evolución del desarrollo industrial, de la tecnología y los materiales empleados en la construcción, han generado como consecuencia la necesidad de nuevos sistemas constructivos que atiendan a las acciones y exigencias cada vez con mayor grado de especificación del edificio.

Las primeras décadas de este siglo fueron testigos de la construcción de edificios hechos con base en gruesos muros de mampostería y rígidos marcos de concreto y acero. Al paso del tiempo y con el avance tecnológico, se han producido materiales estructurales de mejor calidad y se han desarrollado nuevas técnicas para el análisis, el diseño y la construcción de estructuras que han permitido pasar de las rígidas y masivas construcciones de antaño a configuraciones cada vez mas esbeltas, donde los marcos son ahora mas amplios e irregulares y los gruesos muros son substituidos por elementos ligeros y de gran flexibilidad.

Las primeras naves industriales para la maquiladora se construyeron en 1965 en esta ciudad, pero fue hasta los setentas que se presentó el "*boom* maquilador". A la fecha CD. Juárez se ha convertido en uno de los más importantes polos de desarrollo en el norte de México por su actividad económica, particularmente por la industria maquiladora[1], el comercio internacional y los cruces fronterizos[2].

CD. Juárez se localiza al norte del estado de Chihuahua, colindando con dos Estados de la unión Americana (Texas y Nuevo México) particularmente con la ciudad de El Paso TX. Esta relación con el vecino país ha traído consigo el que se importen procesos o se adapten a las condiciones propias de esta CD.



[1] al 2000, 380 plantas que representan el 20% del nacional. con mas de 250 mil empleados, DESAROLLO ECONOMICO

[2] al 2000: mas de 8 millones de vehículos cruzan anualmente, de los cuales aprox. 366mil son de carga, sin contar con el nuevo cruce por Nuevo México DESSARROLLO ECONOMICO

Los sistemas tradicionales utilizados en CD. Juárez y probablemente en muchas otras ciudades tienen relación con la cultura, que en este caso es muy rica y variada por la conformación de la población[3]. Este factor influye en la inercia de la costumbre y en la desconfianza hacia nuevas tendencias y cambios.

Otra condición que limita la adopción de procesos inovativos en la construcción, es la política de empleo en la edificación de vivienda; los procedimientos tradicionales ocupan mayor número de mano de obra, que es el propósito del gobierno al tratar de generar al mismo tiempo, actividad económica y empleo. Sin embargo, el talón de Aquiles de nuestra ciudad y la principal debilidad de la industria de la construcción es la mano de obra no calificada.

Otro de los factores, que han replegado a los sistemas mas eficientes pero desconocidos es la regulación bancaria, que se rige bajo normas obsoletas, en donde se expiden créditos con mayor facilidad (por decirlo de alguna manera) a proyectos que emplean sistemas constructivos tradicionales, y se limitan o condicionan a los que proponen nuevas formas de construcción.

Las empresas constructores Juarenses han enfrentado el reto de la globalización al igualar las especificaciones que requería la industria extranjera. Mientras las edificaciones de empresas domesticas se regían bajo códigos locales, el cliente extranjero exigia normas de nivel mundial.

En la actualidad, para el sector construcción existe la oportunidad de reforzar su posición en el mercado a través de la productividad eficientando sus procesos constructivos. Es necesario entonces, que se conozcan cuales son, y que características presentan en cuanto al desempeño, como: tiempo de ejecución, mantenimiento, valor a largo plazo, durabilidad, resistencia al fuego, propiedades térmicas, acústicas, etc.

La competitividad es clave para la evaluación de los sistemas constructivos. Uno de los factores que expresa o es sinónimo de competencia es el tiempo; los procesos más rápidos reflejan no solo el aprovechamiento en un menor plazo de los bienes si no que también impactan en el financiamiento.

[3] Solo el 60% de su población es nativa INEGI

La calidad de procesos bajo condiciones controladas rebasa a la de sistemas convencionales en los que la mayor parte del trabajo se realiza *in situ*.

Las propiedades más eficientes de los materiales significan estructuras mas ligeras y seguras, mejores condiciones de confort y menores gastos en aseguradoras.

Es necesario entonces que se adopten las medidas pertinentes para que el constructor tenga acceso a información reciente y oportuna sobre los procesos constructivos que le ayuden a ser mas productivos y competitivos.

1.2.-JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

1.2.1.- Económica

Los factores de crecimiento de las empresas constructoras grandes y gigantes[4] están ligados al propio crecimiento de la economía nacional; su experiencia, equipamiento y tecnología las sitúa con más del 70%[5] de la obra en el país. No así las pequeñas y micro que dependen de su capacidad e ingenio para adaptarse a los altibajos propios de la construcción. Por lo que se vuelve cada vez mas urgente y determinante para estas empresas que se lleven a cabo las acciones necesarias para lograr su permanencia y posicionamiento en el mercado. Una medida estratégica es la competitividad y esta puede obtenerse a través de innovaciones en sus sistemas constructivos, por lo que es indispensable antes que nada el conocimiento. ¿Qué es lo que existe?, ¿cual satisface las especificaciones del proyecto?, El que se tenga a la mano una variedad de procesos disponibles dará al constructor una ventaja competitiva.

1.2.2.-Social

La matriz del bienestar liga a todos los sectores, y la filosofía de ganar-ganar también envuelve el proceso de la construcción; Al edificar obras mas eficientes, el confort, la seguridad y el aprovechamiento de sus ocupantes será mayor.

---

[4] De acuerdo a la clasificación de la CMIC
[5] De acuerdo a datos del 2000 de la CMIC

Se considera que con el empleo de la tecnología en la edificación se podrá reducir tanto el tiempo normal de edificación, como el consumo de agua, luz y gas para calefacción que tendrán las construcciones una vez puestas en servicio, lo cual beneficiará al usuario y significará un importante ahorro de recursos.

Por otro lado se ha demostrado que el progreso de las ciudades y los pises mas industrializados se basa en la formación de su capital humano, al incorporar la tecnología al proceso constructivo se adhiere también personal mas capacitado y productivo.

1.3.- OBJETIVO

1.3.1.- Genérico

Establecer un análisis y dar a conocer al constructor los sistemas de innovación constructiva de muros que se están utilizando en CD. Juárez

1.3.2.- Específicos

- Dar al constructor una herramienta práctica para la toma de decisiones, que le ayuden y le permitan elegir dentro de una gama de sistemas el que mejor se adapte a sus requerimientos.
- Integrar un conjunto de conocimientos sobre el proceso de los sistemas constructivos, planteando su relación con las características del material base utilizado, el proceso de puesta en obra y la función de cada elemento constructivo.

1.4.- TIPO DE ESTUDIO

Este estudio es de tipo descriptivo ya que la estrategia de la investigación se basa en describir o medir desde el punto de vista científico[6] las características principales que muestren el desempeño de los sistemas innovadores en la construcción de naves industriales que actualmente se realizan en Cd. Juárez. Se seleccionará una serie de cuestiones y se definirá o figurará cada una de ellas de una manera independiente con el objeto de tener una idea clara de sus propiedades.

[6] "*describir es medir*"(Dankhe 1986)

CIC
BIBLIOTECA

CAPÍTULO II

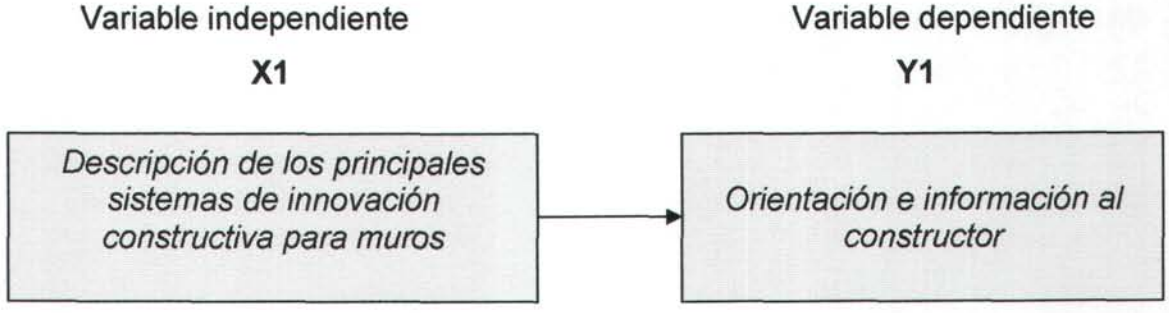
MÉTODO

2.1 HIPOTESIS

H1: con la descripción de los principales sistemas de innovación constructiva de muros se orientará al constructor para familiarizarlo en estos procesos.

H0: con la descripción de los principales sistemas de innovación constructiva de muros **no** se orientará al constructor para familiarizarlo en estos procesos.

2.2 MODELO OPERACIONAL DE LAS VARIABLES.



2.3 DESCRIPCION DE LAS VARIABLES

X1 Descripción de los principales sistemas de innovación constructiva para muros.- antecedentes, proceso constructivo, propiedades, ventajas y aplicaciones de cada uno de ellos (Tilt-up, concreto celular Contec y Perform wall/Rastra)

Y1 Orientación e información al constructor información práctica que lleve al constructor a una toma de decisiones, y que se adapte a sus requerimientos.

2.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

Este estudio es de tipo **no experimental** ya que se describen y se analizan los procesos descriptivos en su contexto natural y sin manipular deliberadamente las variables de incidencia en el proceso.

CAPÍTULO III

PREFABRICADOS / TILT-UP

PREFABRICADOS / TILT-UP

3.1 ANTECEDENTES

La técnica del colado *in situ* de paneles para muros en una superficie horizontal para luego levantarlos y colocarlos en otra posición se conoce como construcción con Tilt-up. Este proceso requiere menos materiales para cimbra que los muros colados en sitio y minimiza el uso de equipo pesado, con lo cual se ahorra tiempo, equipo y mano de obra. Este método de construcción eficiente y económico se ha usado en E.U.A. desde principios del siglo XX. Subsecuentemente se esparció hacia otros países. El instituto americano del concreto (ACI por sus siglas en inglés) reconoce el interés de este tipo de construcción y forma en 1980 el comité ACI-551, cuya misión es "el estudio y reporte sobre el diseño y construcción de estructuras de tilt-up".

3.2 PROCESO CONSTRUCTIVO

3.2.1 Planeación y diseño.

El logro del éxito en el proyecto con tilt-up comienza mucho antes de que el concreto se vacíe. Como en cualquier otro proyecto, la llave es la planeación. El constructor experimentado no tiene problemas en alcanzar este éxito en un sin numero de obras. El principiante sin embargo, tiene que prestar mas atención en cada paso a seguir.

La planeación comienza con la evaluación del terreno. Es ideal un sitio amplio, plano y abierto; pero no común. Es por esto que se debe considerar la distribución y ubicación de la losa de piso y el movimiento de materiales y equipo alrededor de esta. Si el espacio que existe alrededor del edificio es muy pequeño, debe considerarse el colado de los pisos y los paneles desde adentro del edificio. Un plano o croquis que muestre la secuencia de colado y

montaje con relación a la planta del edificio puede identificar problemas potenciales.

La ingeniería es una de las fases críticas para los proyectos con tilt-up. Debe consultarse a un ingeniero con experiencia o familiarizado con este proceso y con los métodos de diseño actuales. Otras recomendaciones para aspectos de ingeniería se presentan en el reporte ACI 551R* (ACI 551R-92, "Tilt-up Concrete Structures", American Concrete Institute, Detroit.)

Diseñar paneles tilt-up que soporten ser levantados y manejados es crítico. Pero usar un diseño conservador podría producir paneles que son mas gruesos de lo que se requiere. El resultado neto podrían ser zapatas mas grandes, grúas de mayor capacidad, mayor cantidad de paneles y mas juntas; todo esto aumentando el costo del proyecto al grado de que ya no seria competitivo.

El espesor de un panel de concreto usualmente es determinado por un factor llamado relación de esbeltez. Esta relación es entre el elemento sin soporte (usualmente la distancia entre el piso y la liga a la estructura de cubierta) y el espesor del panel. La relación de esbeltez generalmente aceptada en muros de tilt-up es de 50. Sin embargo, un ingeniero capacitado deberá hacer la última valoración.

Las losas de piso deben de ser diseñadas para soportar las cargas generadas por grúas durante el montaje. Estas cargas podrán exceder en algunos casos las cargas requeridas para diseño, por lo que es recomendable definir al inicio del proyecto la grúa que se requerirá. La mayoría de los contratistas usan al menos 5 o 6 pulgadas de losa de piso, a menos que los requisitos estructurales indique un espesor mayor.

Las conexiones de los paneles con las zapatas, losas de piso, cubiertas y entre paneles también son detalles que diseña el ingeniero, y deben de ser definidos antes del inicio de la construcción.

Las cargas aplicadas durante el montaje generalmente son las que mas afectan a los paneles. Las aperturas, los puntos para izaje, y otros parámetros deben ser considerados. Generalmente es necesario refuerzo

adicional para soportar estas cargas. Los distribuidores de accesorios para tilt-up pueden ser de gran ayuda en este aspecto del diseño. La mayoría proveerá documentación indicando la localización de puntos de izaje y otra información importante para el montaje.

El producto de la fase del diseño se mostrará en planos de ambas caras de cada panel, de preferencia acotando cada inserto y placas que quedarán ahogadas (Fig. 1). Así como planos de la distribución de los paneles sobre la losa de piso y su secuencia de montaje (Fig. 2).

Algunos otros conceptos tendrán que considerarse durante esta etapa de planeación y diseño, esto incluye el tratamiento de las superficies, prever las condiciones climatologicas, y la disponibilidad de los materiales y el equipo necesarios. Por ejemplo, si los paneles llevan por fachada bajorrelieves profundos, probablemente requerirán mayor espesor, ya que la sección transversal se reduce en un punto crítico en los bajorrelieves.

También se tendrá especial cuidado en el tamaño, localización y anclaje de los puntales temporales. Aquí otra vez se requiere de asesoria del ingeniero o del proveedor de accesorios.

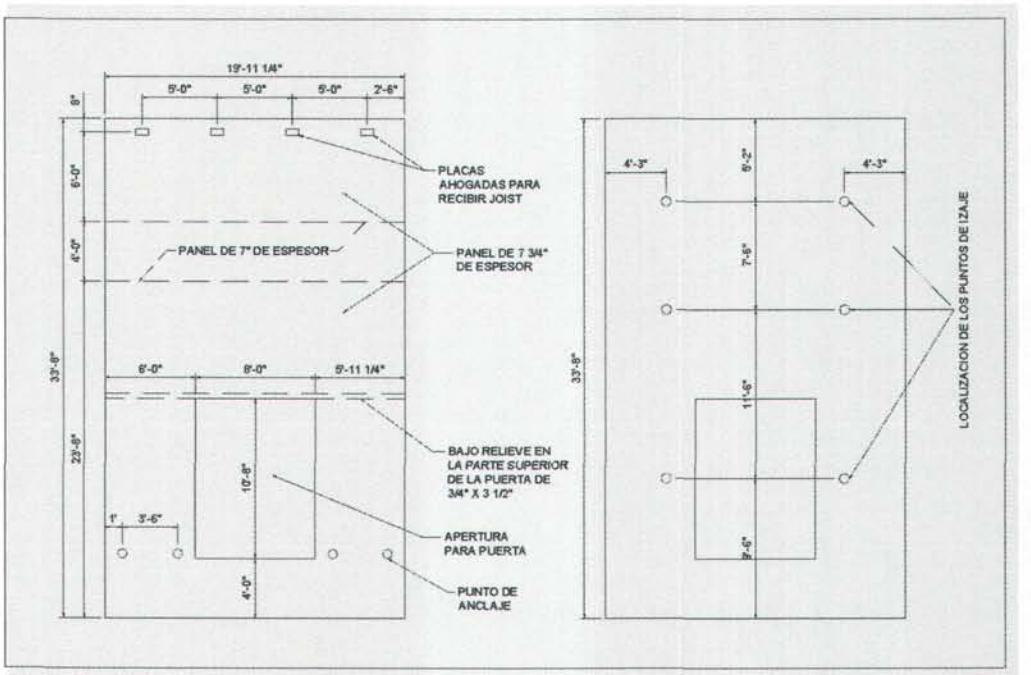

PLACAS AHOGADAS PARA RECIBIR JOIST
PANEL DE 7" DE ESPESOR
PANEL DE 7 3/4" DE ESPESOR
BAJO RELIEVE EN LA PARTE SUPERIOR DE LA PUERTA DE 3/4" X 3 1/2"
APERTURA PARA PUERTA
PUNTO DE ANCLAJE
LOCALIZACION DE LOS PUNTOS DE IZAJE

Fig. 1

Paneles colados sobre una plancha provisional de concreto.

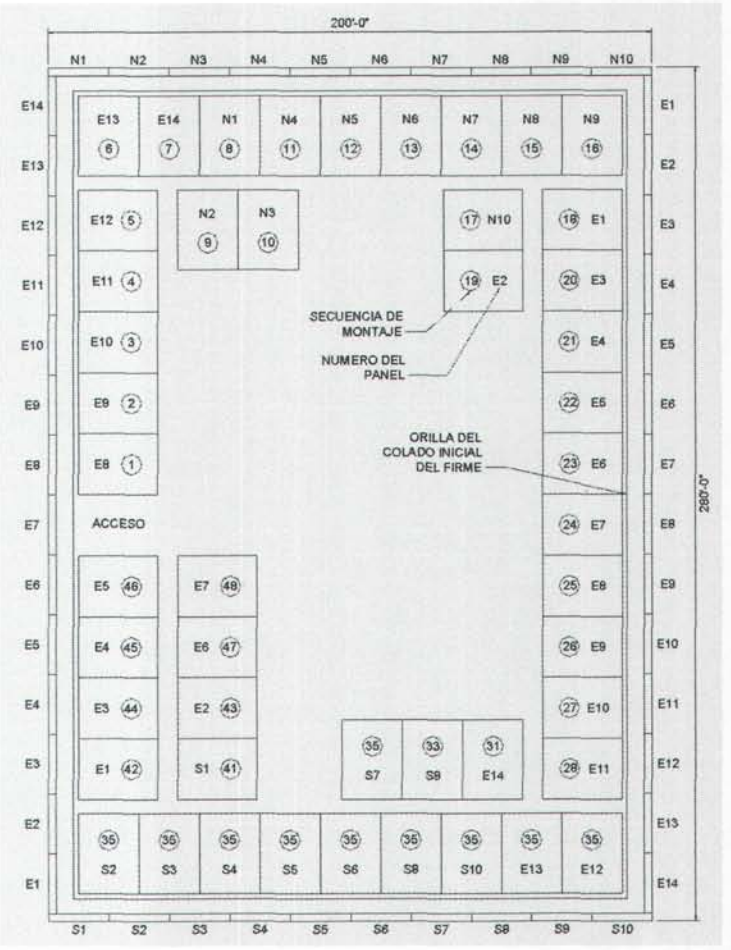

200'-0"
N1 N2 N3 N4 N5 N6 N7 N8 N9 N10
E14 E13 E12 E11 E10 E9 E8 E7 E6 E5 E4 E3 E2 E1
280'-0"
SECUENCIA DE MONTAJE
NUMERO DEL PANEL
ORILLA DEL COLADO INICIAL DEL FIRME
ACCESO
S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10

Fig. 2

3.2.2 Cimentación y losas de piso.

Una vez que la planeación termina, inicia la construcción. La cimentación se colará lo mas nivelada posible dejando (si se usan) las placas de anclaje correctamente localizadas. Normalmente se utilizan zapatas corridas para muros de tilt-up, pero si las condiciones garantizan su uso, podrían ser pilotes. Las dimensiones, localización y niveles de las zapatas se verificarán, para si es el caso,

corregir. El costo horario de las grúas es caro, sobre todo si se tienen que hacer modificaciones mientras el panel se encuentra suspendido sobre una zapata o placa incorrecta. Regresar un panel después que se ha levantado interrumpe la secuencia en el proceso. Además los insertos o puntos de izaje quizá estén diseñados para un solo intento de levantamiento, el repetir este movimiento puede disminuir el factor de seguridad para este arnés.

Hay pequeños errores en la construcción de las losas de piso que normalmente pueden corregirse o cubrirse, sin embargo una losa deficiente afectará la apariencia del panel. La losa de piso debe ser lisa y sólida, las juntas de dilatación deben estar donde tengan menor impacto en el panel; si la junta coincide con la posición del panel se limpiará la junta y se sellará. Los componentes del sello o endurecedor del piso serán compatibles con los químicos o pinturas que se usen en los paneles, o habrá problemas a la hora de que se pinten o se limpien.

3.2.3 El proceso de formado de los paneles.

La práctica común en la distribución de los paneles sobre la losa de piso es trazar con hilo con polvo de color, estas líneas delimitan el perímetro del panel y la posición de la cimbra. Lo mas común para esta cimbra es la madera en tablas de 2" por la altura, que casi siempre se diseña a un espesor de madera estándar, así los paneles que se trabajan normalmente son de 5 ½" o 7 ¼" de espesor. La cimbra puede fijarse al piso mediante un barrote de madera o un ángulo metálico de soporte. Cualquier tipo de anclaje puede ser utilizado, solo hay que recordar que las perforaciones en el piso se repararán.

Existen varias maneras de formar paneles individuales, una de estas es cimbrar el perímetro de una serie de paneles para luego dividir con

tiras de madera de 1 o 2" el área en paneles; la ventaja de esto es el ahorro de cimbra.

Una variación de este método es: colar la losa para varios paneles, para luego cortar el concreto después de pulido o acabado y así formar paneles individuales.

Para reducir los daños en los bordes, cuando se descimbra es aconsejable usar esquineros triangulares de madera, que además ayudan a sellar el fondo del molde y reducir el escape del concreto así como proporcionar mejor acabado.

Las aperturas para puertas, ventanas y otros deben formarse después del perímetro, sujetándolas firmemente para evitar movimientos.

Existen varios tipos de aditivos para el descimbrado, los cuales deben ser compatibles con los acabados.

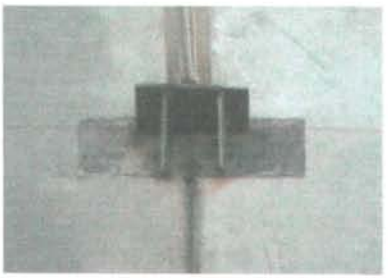
3.2.4 Tratamientos superficiales.

Es usual el que se deje algún diseño o textura a la cara del panel mediante formas o tiras de madera que se fijan a la losa de piso antes que se coloque el armado. Este trabajo debe planearse y ejecutarse con especial cuidado, el resultado es gratificante, pero es difícil reparar diseños de 1" una vez que el panel esta montado. Existen otros acabados como el agregado expuesto (lavado), ladrillo, piedra, etc.

3.2.5 Acero de refuerzo.

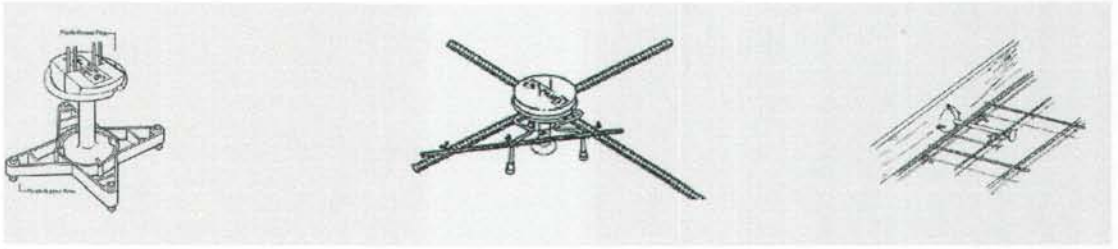
La cuadrícula de refuerzo se sitúa después de la cimbra, usando varilla corrugada grado 60 (fy= 4200 kg/cm²) sobre silletas de plástico en lugar de las de varilla (de preferencia) para evitar manchas por oxidación. Si el panel es aislado o se va a colar sobre una cama de arena otro tipo de silletas se recomiendan, ya que el peso del concreto pude deslizar la silleta común.

3.2.6 Placas y conexiones embebidas.



Las placas con anclas que se utilizarán para la fijación del panel a la cimentación, panel con panel, panel con la estructura de cubierta, etc., deberán fijarse al piso, si es el caso, o atarse con alambre al acero de refuerzo.

Los insertos proporcionan puntos de liga para el izaje y apuntalamiento de los paneles. Normalmente se dimensionan por el proveedor de accesorios para Tilt-up, quien proporciona planos de ubicación de esos insertos. Se instalarán de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, y si por algún motivo existieran cambios en la obra de las dimensiones, aperturas u otras condiciones, se notificará al proveedor para el rediseño de los insertos.



3.2.7 Colado del concreto.

Antes de vaciar el concreto deberá de limpiarse la superficie de polvo, agua y otras impurezas, puede usarse un compresor de aire para este efecto.

El colado del concreto en los paneles, sigue el mismo procedimiento que para losas de piso; en vista de que los paneles son elementos estructurales, deberá asegurarse de que la mezcla de concreto cumpla con las especificaciones. El vaciado directo es el mas económico, pero pueden utilizarse bombas o bandas transportadoras. Se debe consolidar (aplanar) el concreto para lograr que fluya la mezcla alrededor del acero de refuerzo. El acabado pulido es común para la mayor parte de los trabajos.

Como en cualquier proyecto de construcción con concreto, se debe planear para lo inesperado; si parece que va a llover, retrasar el colado; si el pronostico es de frío, tener a la mano aislante o quemadores; si el viento o el calor es la condición, curar adecuadamente; tener otra fuente alterna para la mezcla de concreto si falla la principal.

3.2.8 Montaje de los paneles.

Aunque la secuencia de montaje se determina antes de la construcción, siempre es recomendable se revise esta antes de iniciar la colocación de los paneles. Se muestra la secuencia típica en la Fig. 3. Las reglas de seguridad se tomarán en cuenta para la protección del equipo de montaje y prevenir accidentes.

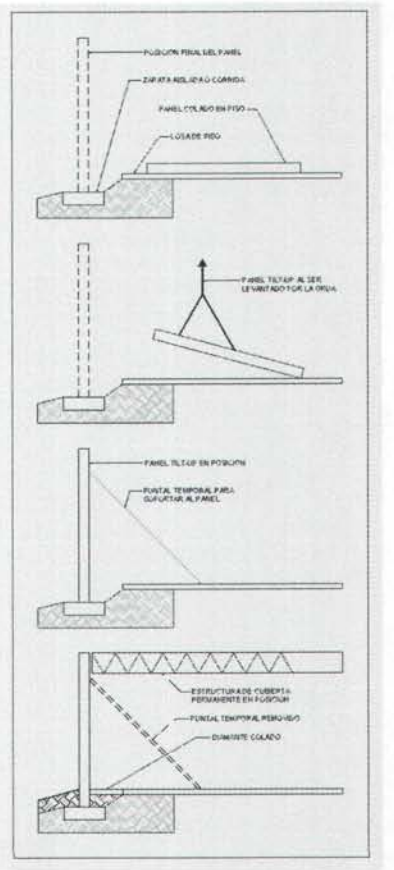


Fig. 3

Localizar y limpiar las placas e insertos antes de levantar los paneles; es mas fácil hacerlo en el piso, que sobre una escalera cuando el panel este vertical.

No se retirarán los puntales, si no hasta después de que este montada la estructura e instalada la lámina. Una vez que se retiren los puntales, se puede resanar el piso y dar otros acabados.

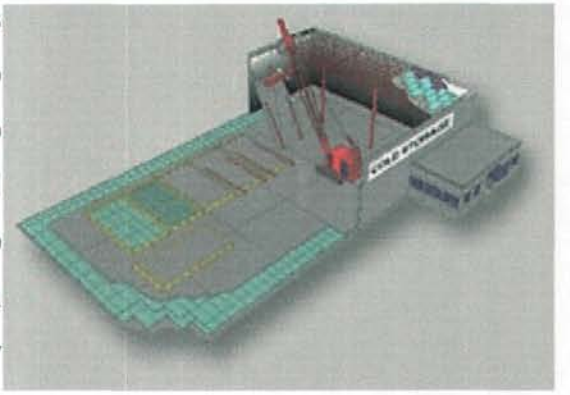
3.2.9 Acabado de los paneles.

Este está limitado solo por la creatividad del arquitecto y la habilidad del contratista. La limpieza con arena y el agregado expuesto se pueden realizar inmediatamente después del montaje; la pintura sin embargo debe esperar hasta que cure parcialmente y se retire el desencofrante. Antes de pintar se sellarán las juntas, y resanarán imperfecciones. La pintura mas usada es la de base acrílica pero puede ser también pintura con textura para dar otros efectos.

3.2.9 PANELES AISLADOS THERMOMASS®

Es un sistema de tilt-up aislado tipo *sandwich* altamente eficiente en la conservación de la energía, desarrollado por *Composite Technologies Corporation* (CTC) y desde 1980 se ha especificado y construído en 48 estados de la Unión americana y alrededor del mundo principalmente en edificios para refrigeración y congelamiento de alimentos, almacenes secos, edificios federales, y en 67 edificios comerciales The Home Depot.

Los dos componentes del sistema thermomass® son la placa aislante de poliestireno expandido y los conectores de fibra de alta resistencia. La placa aislante divide o separa las dos capas de concreto que por lo general, la cara interior es estructural. Las tres capas se mantienen juntas por los conectores en una cuadrícula de 16 o 12 pulgadas. El sistema se usa en muros de tilt-up y prefabricados de planta.



Otros sistemas panelizados que requieren conectores de metal o de secciones mayores de concreto pierden severamente el valor del aislamiento, ya que permiten el paso del calor y la humedad a través de la pared y alientan el agrietamiento y decoloración del concreto.

Las placas de aislante se colocan directamente sobre el concreto fresco de la primera capa.

Los conectores se colocan en hoyos preperforados. Estos conectores no conductores térmicos sirven como liga estructural entre los dos paneles.

El sistema thermomass aumenta la eficiencia de la construcción con concreto al aumentar el valor R, lo que de otra forma seria un sistema de muros pobremente aislado. Un muro de concreto sin aislante de 20cm alcanza un valor R de 0.113m²•K/W (0.64 ft²•h•°F/BTU), mientras que 2.5cm (1") de aislante de poliestireno expandido alcanza un valor R de 0.881•m²•K/W (5.0 ft²•h•°F/BTU).

Las capas de concreto proveen masa capaz de almacenar importantes cantidades de energía térmica. La capa intermedia aísla la masa proveída por las dos capas de concreto. El sistema combina estos elementos para retardar la transmisión de calor a través de los muros. Este retraso da lugar a tres importantes resultados:

- El menor tiempo de respuesta minimiza las variaciones de temperatura interiores con respecto a las variaciones exteriores.
- En climas calientes y fríos, el consumo de energía es reducido con respecto a un edificio de similares dimensiones (ejemplo, un sistema de paneles metálicos).

CIIC
BIBLIOTECA

- La demanda de energía para el edificio se puede mover en los periodos pico porque el almacenamiento de energía esta controlado a través del correcto calculo de la masa y la interacción con el sistema de vacío.

3.2.10 Paneles curvos.

Recientemente se ha adoptado el uso de paneles con configuraciones novedosas, como lo son los paneles curvos, con el fin de lograr efectos estéticos de acuerdo a la modernidad de los tiempos y las exigencias de los arquitectos.

Esta forma se obtiene construyendo una cama de concreto con la curvatura deseada, y sobre esta se realiza el procedimiento tradicional, teniendo como ventaja la posibilidad de colar varios paneles, uno sobre otro, en el mismo lugar, prorrateando el costo sobre todos los paneles.

Este tipo de muros normalmente se utilizan en las áreas de oficinas, accesos, instalaciones de tipo administrativo y áreas de cafeterías.

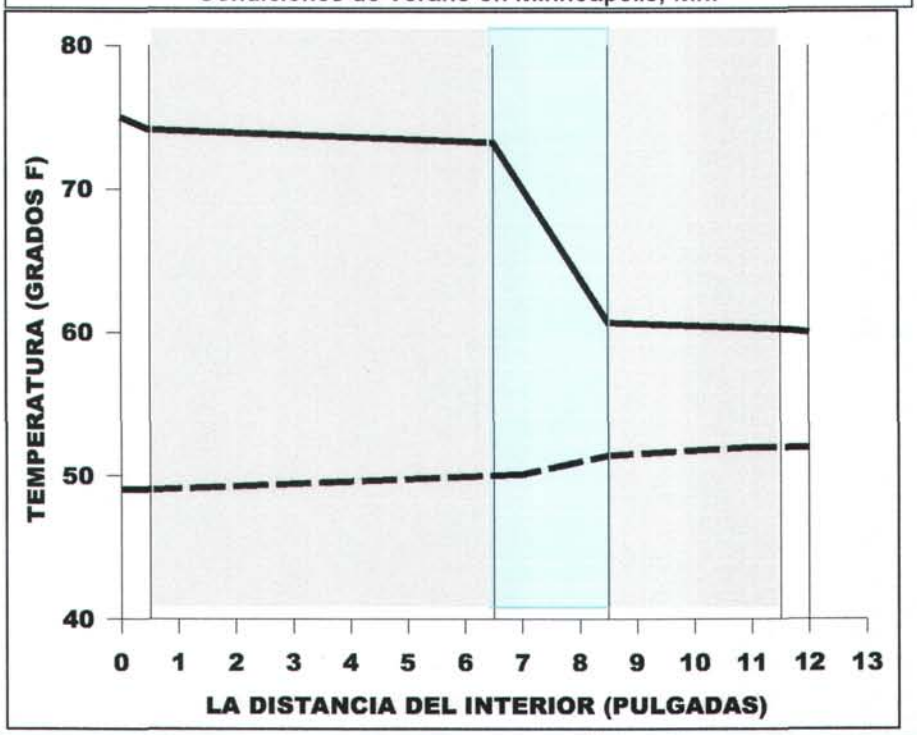
3.3 PROPIEDADES

3.3.1 Propiedades Mecánicas y de Diseño.

El reporte emitido por comité del ACI–551contiene las especificaciones que rigen las construcciones con el sistema Tilt-up

3.3.2 Propiedades térmicas.

TEMPERATURA DEL ROCIO – Composite Technologies Corp.
EJEMPLO DE LA CARPETA T. B. S.
Condiciones de verano en Minneapolis, Mn.



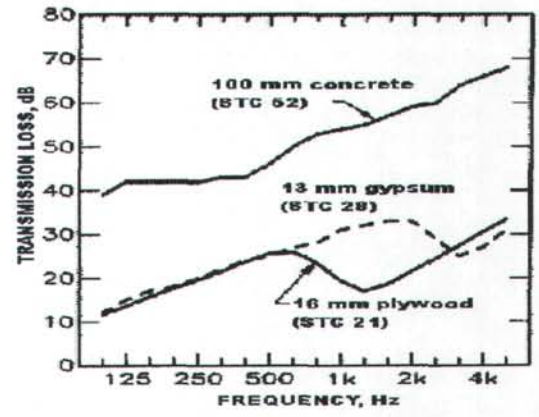
NOMENCLATURA	
———	TEMPERATURA REAL
.....	TEMPERATURA DEL ROCIO

CONDICIONES		
	TEMPERATURA	HUMEDAD
INTERIOR	75	40
EXTERIOR	60	75

NOTA: Este calculo esta basado en la teoría de la migración del vapor de agua como se presentó en el ASHRAE 1989 Fundamentals Handbook, Chapter 20. El desempeño verdadero puede variar dependiendo de la infiltración del aire, la habilidad,

COMPONENTE	VALOR R	VALOR REP	TEMPERATURA REAL	TEMPERATURA DE ROCIO
1.- Capa interior de aire	0.680	0.010	75.00	49.04
2.- 6" de concreto	0.720	1.860	74.15	49.04
3.- 2" de poliestireno	10.000	2.500	73.24	50.11
4.- 3" de concreto	0.360	0.930	60.67	51.24
5.- Capa exterior de aire	0.170	0.010	60.22	51.99
			60.00	51.99
TOTAL	**11.930**	**5.310**		

3.3.3 Propiedades acústicas.



Mejoras típicas para muros, pisos, y tratamientos de plafones usados en elementos de concreto prefabricados

Tratamiento	INCREMENTO EN CLASE	
	STC	IIT
Recubrimiento de aislante de ¾"y tabla roca de ½" pegado al muro de concreto	3	0
Muro separado de postes metálicos con 1 ½" de aislante y tabla roca de ½" fijo al muro de concreto	5 a 10	0
2 " de recubrimiento de concreto 24psf	3	0
Alfombras	0	43 a 56
Loseta vinílica	0	3
Recubrimiento de ½" de madera pegada al muro	0	20
Recubrimiento de ½" de madera y panel acústico pegados al muro	4	26
Sobrepiso de concreto sobre paneles de fibra de vidrio	7	15
Piso de madera sobre tiras	5	15
Piso de madera sobre paneles de fibra de vidrio	10	20
Plafón acústico suspendido	5	27
Plafón acústico suspendido y alfombra en el piso	5	10
Yeso sobre estructura suspendida	10	8
Yeso sobre estructura suspendida con aislante sobre el espacio de arriba	13	13
Enjarres directos sobre el concreto	0	0
Del PCI Handbook-Precast and Prestressed Concrete, 1978		

3.3.4 Resistencia al fuego.

TABLA 720.2.1.1
ESPESOR MINIMO EQUIVALENTE PARA MUROS PREFABRICADOS Y COLADOS EN SITIO, CARGADORES Y NO CARGADORES

TIPO DE CONCRETO	ESPESOR MINIMO DEL MURO (Pulgadas) PARA LA CLASIFICACION CONTRA EL FUEGO				
	1 hora	1-1/2 horas	2 horas	3 horas	4 horas
Siliceo	3.5	4.3	5.0	6.2	7.0
Carbonato	3.2	4.0	4.6	5.7	6.6
Arena ligera	2.7	3.3	3.8	4.6	5.4
Ligero	2.5	3.1	3.6	4.4	5.1

3.4 VENTAJAS

Para el propietario o inversionista:

- Bajo precio inicial
- Rapidez en la construcción
- Menor mantenimiento
- Durabilidad
- Resistencia al fuego
- Apariencia agradable y estética
- Menores costos de energía
- Excelente valor de reventa
- Menos intereses en las aseguradoras por ser construcciones resistentes al fuego.

Para el arquitecto:

- Menos restricciones en la forma de la estructura
- Variedad ilimitada en los acabados de la superficie
- Mayor resistencia a las condiciones del clima

Para el ingeniero:

- Flexibilidad estructural
- Integridad estructural
- Conocimiento de los esfuerzos de componentes pre-probados
- Facilidad para muros en áreas de expansión

Para el contratista:

- Construcción rápida y simple
- Eliminación del costo de la cimbra y los andamios.
- Operaciones repetitivas
- Mínima inversión en equipo
- Menos retrasos por condiciones climatológicas
- Mayor control del programa de obra

Desventajas:

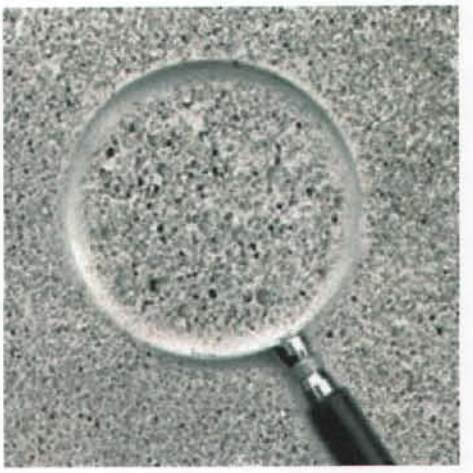
- Algunos tipos de proyectos arquitectónicos suelen ser costosos debido a las técnicas de construcción.
- Falta de mano de obra calificada y contratistas
- El peso de los paneles para ciertos suelos
- Espacio disponible para el colado de los paneles
- El apuntalamiento temporal durante la construcción
- Disponibilidad del equipo para el levantamiento de los paneles
- La integridad estructural requiere de consideraciones cuidadosas.

CAPÍTULO IV

CONCRETO CELULAR / CONTEC

CONCRETO CELULAR (CONTEC)

4.1 ANTECEDENTES



Después de la segunda guerra mundial, el Alemán Josef Hebel se convenció de la necesidad de un nuevo material constructivo que combinase las mejores características de los materiales existentes y comenzó a producir concreto celular en una fábrica cercana a Munich, Alemania en 1943.

Las ventajas de este material ligero y a la vez resistente pronto fueron reconocidas por la industria de la construcción, y su uso se fue generalizando en todo tipo de edificación.

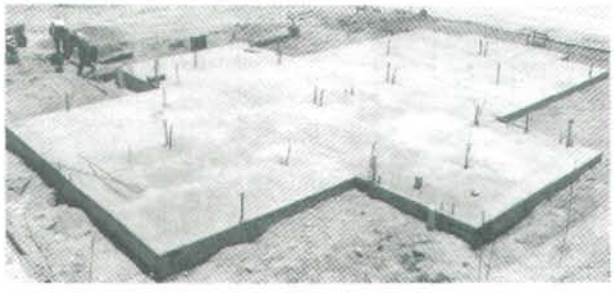
Hoy en día Hebel es no solo un material de construcción, es todo un sistema constructivo. Actualmente existen unidades de producción en más de 30 países del mundo en los cuales Hebel ha demostrado su eficacia a través de millones de metros cuadrados de construcción con altas normas de calidad.

El concreto celular es un sistema de alta tecnología para la producción de concreto espumado y ligero; consiste en la introducción de micro burbujas (células) de aire a una mezcla de base cementosa que ha sido preparada previamente. Para lograr la inclusión de aire a la masa de un mortero de cemento se utiliza una espuma muy especial que resiste las fuerzas de mezclado y el contacto con el agua, siendo a su vez muy estable durante muchas horas, garantizando la permanencia del aire en la mezcla del concreto celular hasta su fraguado. La inclusión de aire permite reducir la densidad del concreto y proporcionar un eficiente y muy económico aislamiento térmico y acústico. La adición de la espuma incrementa el volumen, por ende aumentando el rendimiento del concreto celular sobre el concreto normal.

4.2 PROCESO CONSTRUCTIVO

La versatilidad y eficiencia del sistema constructivo con concreto celular (CONTEC) hacen posible su uso en todo tipo de edificaciones reduciendo las tareas tradicionales tales como habilitado de acero, uso de cimbra, colados de concreto, etc.

4.2.1 Requisitos de la cimentación



El proyecto con el sistema constructivo contec requiere de una cimentación que por lo general será del mismo tipo que la utilizada en los sistemas tradicionales de construcción.

Se recomienda que el proyecto de cimentación se base en una mecánica de suelos y en la experiencia que se tenga en la zona de construcción.

En los casos en que el sistema constructivo contec transmita las cargas de la estructura a la cimentación a través de muros de mampostería contec sin confinamiento a base de castillos y cerramientos en zonas asísmicas, estos son mas susceptibles a las deformaciones que pueda tener la cimentación, por lo tanto, desde el punto de vista estructural la cimentación deberá ser rígida, teniendo especial cuidado en terrenos pantanosos, suelos compresibles, zonas de relleno, etc.

4.2.2 Desplante de muros

Una vez terminada la cimentación, se recomienda construir primeramente el firme de concreto y después desplantar los muros.

Si el proyecto estructural contempla una losa de cimentación, esta podrá efectuar igualmente la función de firme para el desplante de muros.

Una superficie de concreto terminado correctamente construida, facilitará el desplante de muros. Se recomienda el cuidado en el alineamiento de las fronteras perimetrales de cimbra, y un buen control de los niveles de la superficie del firme. Algunos o la totalidad de los servicios (eléctricos,

hidráulicos, etc.) se embeberán en el firme o losa de cimentación y se conducirán a través del material contec hacia su localización definitiva.

A fin de que las distintas tuberías se puedan alojar mediante la ranuración en los muros contec, es necesario que las mismas se localicen dentro del espesor de los muros.

Es igualmente necesario que las subidas se localicen lo más cercano posible al paño de salida previsto para que la profundidad de la ranura no exceda un tercio del espesor del muro.

4.2.3 Protección contra la humedad

El nivel de desplante de la construcción deberá tomar en cuenta la humedad del suelo, ya sea por la presencia de un manto freático próximo a la superficie, o humedad proveniente de escurrimientos. Los procedimientos de construcción tradicionales son aplicables para evitar los problemas de humedad en la obra. Entre estos procedimientos se encuentran: el desplantar la construcción a un nivel alejado de la humedad, colar los firmes sobre una capa de grava y arena, el uso de una membrana plástica, la impermeabilización de las zonas en contacto continuo con la humedad tales como cimentaciones, muros de sótano, elevación de la obra, banquetas perimetrales, etc.

La observación de estos procedimientos normalmente permite el desplantar los muros de bloque sin riesgo de que se presenten problemas ocasionados por humedad a futuro. Si éstos llegan a presentarse, conviene señalar que el material es muy resistente a la humedad, y que no perderá sus características de durabilidad o resistencia. Sin embargo, los acabados tales como aplanados de yeso, morteros, texturizados, pinturas, sí se verán afectados, por lo que conviene analizar este aspecto y juzgar la conveniencia de proteger la primera hilada de bloque contra la humedad, protección que

por lo general se logra desplantando la primera hilada sobre una capa o membrana de material impermeable.

Se enumeran a continuación algunos casos en que esta membrana es indispensable:

- Muros de sótano, que aparte de desplantarse sobre una membrana impermeable deberán recibir una impermeabilización completa en las superficies en contacto con el terreno.
- Muros de construcciones desplantadas a proximidad del manto freático. En este caso y de juzgarse necesario, se utilizaría la membrana únicamente en los muros del primer nivel de la construcción.
- Muros desplantados sobre superficies expuestas al agua, tales como terrazas, salientes de losa, etc. Se pueden citar algunos otros casos en los cuales el uso de la membrana dependerá del juicio del constructor.
- Construcciones en zona de escurrimiento; por ejemplo las construcciones en flanco de montaña, o similarmente, las construcciones en terrenos mal drenados. La membrana impermeable reduciría los problemas de humedad que se podrían presentar debido a una acumulación de agua.
- Construcciones desplantadas a niveles inferiores a los niveles de pavimento, banqueta o terreno natural.
- Muros en zonas de alta humedad, por ejemplo los muros de regaderas.

4.2.4 Manejo y colocación

Los bloques se entregan a la obra en paletas compuestos de una tarima de madera, un volumen de bloque convenientemente flejado y con la información sobre las características del bloque.

Las paletas se deben descargar lo más cerca posible al lugar donde serán utilizados, a fin de evitar manejos y transportes secundarios. Deberá procurarse que el área de descarga sea un área limpia y plana.

Salvo los bloques de la primera hilada que se desplantan sobre una capa de mortero cemento-arena, la unión de los bloques se realiza única y exclusivamente con mortero adhesivo.

Los bloques no requieren humedecerse previo a su colocación. No se recomienda desplantar el bloque bajo la lluvia, y nunca a temperaturas inferiores a 4°C.

En el trazo y desplante de los muros se deberán respetar las acotaciones, ejes y dimensiones del proyecto descritos en los dibujos constructivos. Esto permitirá que los dinteles y paneles de losa se instalen correctamente (en caso de que el proyecto incluya este tipo de elementos)

4.2.5 La primera hilada

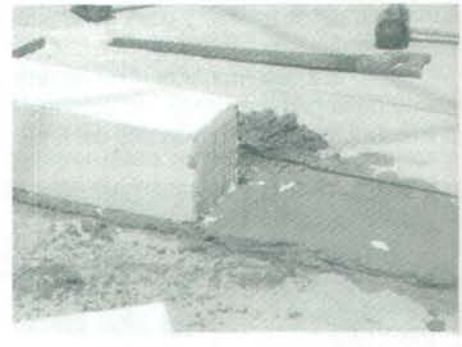
Es recomendable que la colocación de los bloques comience siempre por las esquinas del perímetro a construir.

La primera hilada de bloque se asienta sobre una capa de mortero cemento-arena 1:3 para corregir toda la imperfección en la nivelación de la superficie de desplante y para garantizar un apoyo uniforme de los bloques.

Para determinar el nivel de desplante de la primera hilada, se determina primeramente el punto más alto del firme.

A partir de este punto se colocarán los bloques sobre un mínimo de 1.0 cm de mortero cemento-arena, y un máximo de 5.0 cm.

La capa de mortero cemento-arena varía en espesor desde este mínimo hasta lo necesario para garantizar que todos los bloques de la primera hilada se encuentren al mismo nivel.



Cada bloque de esquina se deberá alinear y nivelar perfectamente utilizando el mazo de goma y el nivel de mano.

Se deberán utilizar hilos para asegurar que toda la primera hilada de bloque se encuentre perfectamente alineada (apoyándose en las referencias fijas de alineamiento de la construcción -puentes-). De esto dependerá el que se logre rapidez en la colocación de las siguientes hiladas y que los muros presenten los niveles y plomos deseados. En cada esquina se deberá garantizar el traslape estructural con los bloques de la hilada superior.

4.2.6 Preparación del mortero adhesivo.

A partir de los bloques de esquina de la primera hilada, las caras verticales de los bloques se deben unir con mortero adhesivo. La mezcla de mortero adhesivo se realiza mezclando el mortero adhesivo con un batidor conectado a un taladro eléctrico (1/2"Ø Y 550 RPM)

El mortero adhesivo se aplica con una cuchara de ancho igual al espesor del bloque que se está colocando. La consistencia del mortero adhesivo debe ser tal que permita cubrir totalmente la superficie en una sola aplicación. La mezcla de mortero adhesivo fluye a través de los dientes de la cuchara y se obtiene automáticamente el espesor de mortero adhesivo necesario para garantizar la adhesión.

La consistencia del mortero adhesivo se debe verificar a partir del aspecto de una capa del mismo, aplicado sobre la superficie de un bloque. Si el mortero escurre y desaparecen las estrías dejadas por la cuchara, se tiene exceso de agua, y se puede corregir agregando más polvo; si el adhesivo no cubre toda la superficie, se requiere más agua para hacerlo fluir a través de los dientes de la cuchara.

Según el caso, se agrega más agua o más mortero adhesivo y se bate para lograr la consistencia adecuada de la mezcla. Igualmente, se agrega agua para compensar las pérdidas por evaporación de la mezcla en la cubeta en los días calurosos.

En todos los casos es necesario batir la mezcla mecánicamente después de cada adición de material.

4.2.7 Hiladas subsecuentes.

Previo a la colocación del bloque de segunda hilada, se deberá corregir toda imperfección de nivel en la primera hilada utilizando la llana lija. La superficie se deberá cepillar para eliminar el polvo y garantizar así una buena adhesión del mortero.

Todos los bloques se deben cepillar para eliminar polvo y partículas sueltas. Los bloques se unen con mortero adhesivo en las caras verticales y horizontales. El mortero adhesivo en la cara, horizontal se coloca en cantidad suficiente para colocar no más de un bloque a la vez.

Cada bloque se debe asentar, alinear y nivelar con la ayuda del mazo de goma y el nivel de mano. El espesor de juntas entre bloque y bloque será de 1mm a 2 mm aproximadamente. El acomodo de los bloques en hiladas sucesivas se hará traslapando un mínimo de 10 cm. entre las boquillas verticales.

Los ajustes de los bloques se realizan mediante corte. Los bloques se pueden cortar manualmente con la ayuda del serrucho y la escuadra. Similarmente los cortes se pueden realizar utilizando la sierra eléctrica, la cual permite precisión y rapidez en los cortes.

En los paños de huecos en muros se recomienda que los ajustes sean de una longitud mínima de 10 cm.

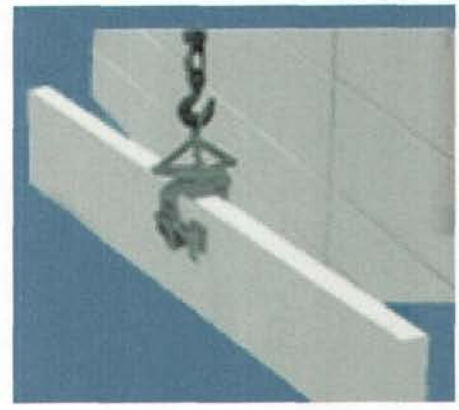
A medida que se avanza en la construcción de los muros, se deberá verificar constantemente alineamiento, plomos y niveles. Igualmente se deberá retirar inmediatamente todo exceso de mortero adhesivo de la superficie de los muros.

Se recomienda modular la altura de los muros a un múltiplo del peralte de los bloques, (20 ó 40 cms.) De no hacerse así será necesario enrasar los

muros mediante el uso de piezas cortadas de bloque, siempre y cuando tengan un peralte no menor a 5.0cm, o mediante el uso de un enrase de mortero cemento-arena 1:3, en peraltes menores a 5.0 cm.

4.2.8 Muros interiores o secundarios.

La unión de los muros interiores o secundarios con los muros principales se puede realizar traslapando los bloques de ambos. Adicionalmente, se tiene la opción de construir los muros principales primero y dejar la preparación para conectar los muros secundarios posteriormente mediante el uso de las láminas conectoras.



Las láminas conectoras se colocan a cada dos hiladas en los muros principales.

4.2.9 Juntas de control y unión con otros elementos constructivos.

El proyecto con muros de concreto celular incluyen juntas de control. Estas se deberán realizar en los puntos indicados en los planos y tendrán un ancho mínimo de 1 cm. Se colocarán láminas conectoras a cada 2 hiladas, las cuales se deberán plegar en "V" para permitir el movimiento de los muros en su plano.

La unión de muros con elementos estructurales de concreto reforzado o metálicos, se deberá realizar conforme a los planos de proyecto.

4.2.10 Manejo y colocación de dinteles.

Los dinteles se deben almacenar sobre barrotes o tarimas de madera en una zona plana del terreno. Se debe evitar almacenar los dinteles en contacto directo con el terreno.

Cada dintel se deberá identificar mediante la información que porta en una de sus caras de extremo y su posición en los planos de ingeniería. Los dinteles se surten a la obra en las

longitudes requeridas por el proyecto. Un dintel no se debe cortar en obra (salvo autorización expresa de CONTEC MEXICANA).

Los dinteles se deberán colocar utilizando mortero adhesivo.

Previo a la colocación de un dintel se deberá verificar que las zonas de apoyo se encuentran a un mismo nivel. Se utilizarán la llana dentada y la llana lija para realizar ajustes menores de nivel en las superficies de apoyo. De requerirse ajustes mayores de nivel, se podrá colocar el dintel sobre una capa de mortero cemento-arena de espesor mínimo de 1 cm.

La longitud mínima de apoyo para los dinteles identificados como no cargadores es de 11.5 cm. Esta longitud varía de 20 cm (claros hasta de 1.20 m) ó 25 cm (claros hasta de 1.50 m) para dinteles cargadores.

Las longitudes de apoyo se deben marcar claramente sobre los muros para facilitar el montaje del dintel. Los dinteles se colocan manualmente, situando previamente los andamios y respetando las medidas de seguridad necesarias para evitar accidentes.

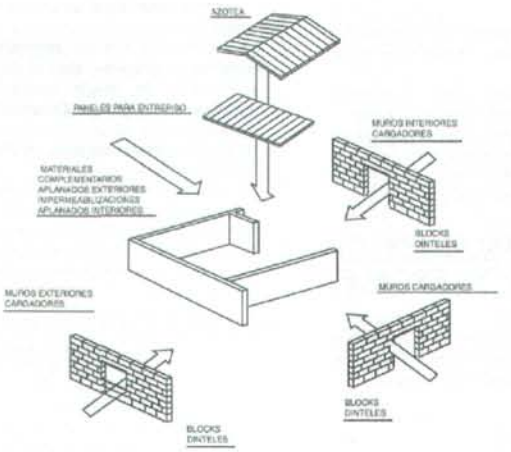
4.3 SISTEMAS ESTRUCTURALES

El sistema constructivo CONTEC puede aplicarse en proyectos habitacionales e industriales, donde la principal diferencia en cuanto al uso de los elementos, es de que en el primero predomina el concreto celular como estructura sustentante con muros cargadores y en el segundo se utiliza principalmente como revestimiento de la estructural principal.

4.3.1 Sistema con muros cargadores

El sistema constructivo CONTEC en proyectos habitacionales se tienen muros cargadores y muros divisorios (no cargadores), estos pueden ser exteriores o interiores. Estos muros se construyen a base de bloques. Para muros de sótano y muros de contención se recomienda el uso de concreto reforzado tradicional.

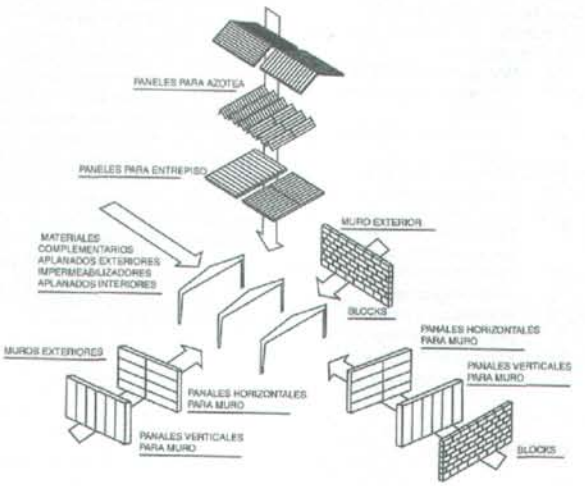
En la figura se pueden observar los diferentes elementos que conforman un proyecto habitacional.



4.3.2 Sistema con estructura de soporte y muros divisorios.

Este sistema se utiliza principalmente en proyectos industriales, donde se cuenta con una estructura de soporte a base de marcos los cuales se recubren con paneles armados para muro que pueden colocarse horizontal o verticalmente. Pueden utilizarse muros de bloque alternativamente.

En la figura se pueden observar los diferentes elementos que conforman un proyecto de este tipo.



4.3 PROPIEDADES

4.3.1Propiedades Mecánicas y de Diseño

TABLA PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS REFORZADOS
RESULTADO DE PRUEBAS

CARACTERISTICAS	CLASES		
	Panel AAC 3.5	Panel AAC 5.0	Unidades
Densidad nominal	500	600	kg/m3
Peso de diseño(1)	660	780	kg/m3
Resistencia a la compresión (2)	35	50	kg/cm2
Módulo de elasticidad	17,500	25,000	kg/cm2
Contracción lineal	0.25	0.25	mm/m
Coeficiente de expansión térmica	8x10 -6	8x10 -6	1/°K
Resistencia al congelamiento	0.979	0.979	---

Notas:
1- Basado en densidad seca máxima del producto y tomando en consideración el contenido de la humedad, así como los pesos promedio del concreto y el acero de refuerzo en las juntas entre paneles.
2- Estos valores corresponden a especímenes cúbicos de acuerdo a la Norma Alemana DIN 4165 (Sección 3.2).

TABLA PROPIEDADES DEL BLOCK CONTEC

CARACTERISTICAS	CLASES		
	Bloque AAC 2.5	Bloque AAC 5.0	Unidades
Densidad nominal	400	600	kg/m3
Peso de diseño(1)	540	780	kg/m3
Resistencia a la compresión (2)	25	50	kg/cm2
Resistencia a la compresión de la mampostería f'm	25	50	kg/cm2
Resistencia al cortante de diseño v* (3)	3	4	kg/cm2
Módulo de elasticidad	15,000	22,500	kg/cm2
Contracción lineal	0.25	0.25	mm/m
Coeficiente de expansión térmica	8.0 x 10□	8.0 x 10□	1/°K
Resistencia al congelamiento	0.969	0.979	---

Notas:
1- Basado en densidad seca máxima del producto y tomando en consideración el contenido de humedad.
2- Estos valores corresponden a especímenes cúbicos de acuerdo a lo especificado en norma Alemana DIN 4165 (Sección 3.2).

4.2.2 Propiedades térmicas

El Concreto Celular posee excelentes propiedades de aislamiento térmico gracias al aire incluido. Estas propiedades hacen que en la mayoría de los casos no se requiera aislamiento térmico suplementario para garantizar una temperatura interior confortable. La temperatura interior en una construcción depende de manera importante de la cantidad de calor que transmiten los elementos muros y losas que la componen.

El calor específico del Concreto Celular es de 1.0 kJ / Kg. °C. La eficiencia del Concreto Celular en el control de la temperatura interior en una construcción queda demostrada a través de pruebas efectuadas en Alemania en el Instituto Fraunhofer para Física de la Arquitectura. En estas pruebas se midieron las temperaturas en las caras exteriores e interior de un muro de 25 cms. La cara exterior orientada hacia el oriente se pintó de negro y durante la prueba se midió un diferencial de temperatura de + 70°C. En la cara interior la variación registrada fue de sólo 2°C, manteniéndose en una temperatura agradable de 20°C.

TABLA DE PROPIEDADES TERMICAS

MATERIAL	Densidad Nominal kg/m3	Conductividad térmica "k"		Espesor	Resistividad térmica "R"	
		W/(m°C)	Btu in/ft2 h°F	cm	m2 °C/W	ft2 h°F/(Btu)
Bloque CONTEC AAC 2.5	400	0.12	0.83	10.00	0.83	4.73
				12.50	1.04	5.91
				15.00	1.25	7.09
				17.50	1.46	8.27
				20.00	1.67	9.45
				25.00	2.08	11.82
				30.00	2.50	14.18
Bloque CONTEC AAC 5.0	600	0.17	1.17	10.00	0.59	3.36
				12.50	0.74	4.20
				15.00	0.89	5.03
				17.50	1.03	5.87
				20.00	1.18	6.71
				25.00	1.48	8.39
				30.00	1.77	10.07
Panel CONTEC AAC 3.5	500	0.14	0.97	10.00	0.71	4.06
				12.50	0.89	5.06
				15.00	1.07	6.08
				17.50	1.25	7.09
				20.00	1.43	8.10
				25.00	1.78	10.13
				30.00	2.14	12.15
Panel y Dintel CONTEC AAC 5.0	600	0.17	1.17	10.00	0.59	3.36
				12.50	0.74	4.20
				15.00	0.89	5.03
				17.50	1.03	5.87
				20.00	1.18	6.71
				25.00	1.48	8.39
				30.00	1.77	10.07

(1) Estudios independientes sobre el rendimiento de energía del producto CONTEC llevados a cabo en Atlanta y Orlando, muestran que el consumo anual de energía requerido para la calefacción y enfriamiento de una casa construida con el producto CONTEC (muro de 20 cms.) es substancialmente más bajo que el consumo requerido para un sistema convencional de pared entramada con aislamiento R-30. Esto se debe a la masa con aislamiento R-30. Esto se debe a la masa térmica y la mínima filtración de aire del sistema de pared CONTEC

(2) Se usaron únicamente unidades de muro CONTEC de 20 cm. en el estudio de energía. Se estimaron los valores de unidades de muro CONTEC de 25 cm.

Una edificación con una pared externa de 20 cm. construida con el sistema de pared CONTEC, presentará un rendimiento más eficiente que una casa construida con un sistema tradicional de pared programada con aislamiento R-30.

4.3.3 Propiedades acústicas

El Concreto Celular posee importantes propiedades de aislamiento acústico. La siguiente tabla resume los valores de aislamiento acústico de los productos CONTEC.

MURO SENCILLO DE BLOCK CONTEC SIN ACABADOS
RESULTADO DE PRUEBAS

ESPESOR	DENS.	STC	OITC	REPORTE
15.0 cm	AAC 2.5	44	38	AS-TL958AX
20.0 cm	AAC 2.5	47	41	AS-TL959AX
20.0 cm	AAC 5.0	50	44	AS-TL1026AX
25.0 cm	AAC 2.5	50	44	AS-TL978AX

MURO DOBLE DE BLOCK CONTEC
RESULTADO DE PRUEBAS

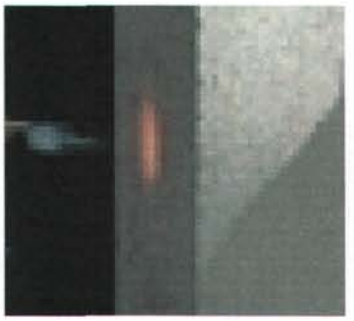
TIPO	ESPESOR	DENS.	CAMARA INTERIOR				ESPESOR TOTAL	STC	OITC
			CAMA DE AIRE	LANA MINERAL		ESPESOR TOTAL CAMARA			
Muro Doble	12.5 cm	AAC 5.0	14.0 cm	no	no	14	39 cm	60	51
Muro Doble	12.5 cm	AAC 5.0	8.9 cm	5.1 cm	2 pcf	14	39 cm	65	53
Muro Doble	12.5 cm	AAC 5.0	3.8 cm	10.2 cm	4 pcf	14	39 cm	68	54

Notas:
Resultados de pruebas en muros CONTEC
STC: Sound Transmission Class
OITC: Outdoor Indoor Transmission Class

Estudios realizados por:
Acoustic Systems (Acoustical Research Facility)
415 E. St. Elmo Road, Austin, TX 78764, USA

4.4.4 Resistencia al fuego.

El Concreto Celular posee excelentes características de resistencia al fuego. Esto fue certificado en pruebas realizadas de acuerdo a la Norma ASTM E119-88.



Clasificaciones UL obtenidas para los materiales Contec

Elemento	Clasificación (Fire Rating) (Horas)	Número de Diseño UL (UL Fire Resistance Directory 1998)
Muros de bloque Contec no cargadores de 10 cm. En adelante	4	U919
Muros de bloque Contec cargadores de 15 cm. en adelante	4	U919
Paneles de Muro de 15 cm. en adelante	4	U920
Paneles de Losa y Azotea de 10 cm.	0.5, 1	K909, P932
Paneles de Losa y Azotea de 12.5 cm. en adelante	0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4	K909, P932

Notas:
Prueba realizada en Underwriters Laboratories (UL) Northbrook, IL., de acuerdo a la norma ASTM E119/95 (UL/ANSI 263)
"Fire Test of Building Construction and Materials".

Losa de Paneles Contec 5x4 m., de 25 cm. de espesor.

Descripción	Tiempo de exposición			
	1.0 h	2.0 h	3.0 h	4.0 h
Temperatura en lado expuesto °F (°C)	1,715 (935)	1,852 (1,011)	1,927 (1.053)	2,012 (1,100)
Temperatura en lado no expuesto °F (°C)	84 (29)	93 (34)	114 (45)	156 (69)
Ignición en lado no expuesto	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Erosión o degradación en lado expuesto	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Deflexión in (cm)	0.061 (0.156)	0.110 (0.280)	0.112 (0.284)	0.175 (0.444)
Conclusiones	La temperatura en el lado no expuesto del muro permaneció por debajo de la temperatura máxima permitida en la norma ASTM E119/95 (UL/ANSI 263 y NFFPA No. 251). No se presentaron llamas o acumulación de gases suficiente para permitir la ignición de residuo de algodón.			

Notas:

·Prueba realizada de acuerdo a la norma ASTM E119/95 (UL/ANSI 263, NFPA No. 251), en los laboratorios de Underwriters Laboratories (UL) Northbrook, IL.

·Utilizando pruebas adicionales a escala, se obtuvieron clasificaciones para paneles de 10 a 30. Las clasificaciones obtenidas van d 0.5 a 4 horas dependiendo del espesor de recubrimiento de refuerzo del panel.

Muro NO cargador CONTEC 3x3 m., elementos mixtos.

Tiempo de exposición (hrs.)	Temp. del Horno °F (°C)	AAC 2.5 in (cm)		AAC 5.0 in(cm)			Panel de Muro in (cm)	Dintel in (cm)	Prueba de Chorro de Agua
		4 (10)	6 (15)	4 (10)	6 (15)	8 (20)	6 (15)	6 (15)	
		Temperatura en lado no expuesto °F (°C)							
1	1,715 (935)	172 (77)	82 (28)	163 (73)	72 (22)	69 (20)	85 (29)	72 (22)	Presión de 45 lb/pulg2 Duración 7 min.
2	1,852 (1,011)	176 (80)	163 (73)	182 (83)	142 (61)	74 (23)	132 (55)	135 (57)	
3	1,927 (1,053)	177 (81)	168 (76)	185 (85)	172 (77)	108 (42)	172 (77)	158 (70)	
4	2,012 (1,100)	275 (135)	168 (76)	220 (104)	174 (79)	150 (66)	179 (82)	161 (72)	
Conclusiones	La temperatura en el lado no expuesto de muro permaneció por debajo de la temperatura máxima permitida en la norma ASTM E119/95 (UL/ANSI 263 y NFPA No. 251). No se presentaron llamas o acumulación de gases suficiente para permitir la *ignición de residuo de algodón.*								El muro soportó exitosamente esta parte de la prueba para lograr una resistencia al fuego de 4 horas.

rueba realizada de acuerdo a la norma ASTM E119/95 (UL/ANSI 263, NFPA No. 251), en los laboratorios de Underwriters Laboratories (UL) Northbrook, IL.

4.3.5 Resistencia a la humedad.

La estructura celular del material da a los productos una gran resistencia a la humedad. La mampostería tradicional (ladrillo de barro o bloque de concreto) se satura rápidamente ya que estos materiales ofrecen poca resistencia a la humedad debido a su alta porosidad y capilaridad.

4.3.6. Otras propiedades

Punto de fusión

La temperatura de fusión del Concreto Celular, al igual que otros productos de cemento, es de aproximadamente 1600°C.

Propiedades Químicas

Es alcalino, con un pH entre 9.0 y 10.5, y no corroe otros materiales de construcción, debe de protegerse de concentraciones de dióxido de carbono, sulfatos, cloruros, y ácidos fuertes.

Toxicidad

No contiene substancias tóxicas ni emite olor. Ni la producción, ni el desecho presentan riesgos contra la salud o el medio ambiente.

4.4 VENTAJAS

Las propiedades que el concreto celular posee por su composición y su proceso significan productividad y tiene las ventajas siguientes:

- Trabajabilidad y rapidez en la construcción por su peso ligero y facilidad de corte y ranuración
- Resistencia al fuego certificada por UL
- Seguridad y economía por ser construcciones resistentes al fuego
- Simplificación en el proceso, al no requerir recubrimientos adicionales para aislar y dar acabados.
- Menores costos de energía por su propiedad aislante integrada
- Variedad de productos y especificaciones y acabados de la superficie
- Mayor resistencia a las condiciones del clima
- Flexibilidad e Integridad estructural
- Especificaciones de los componentes con el respaldo de laboratorio
- Excelentes propiedades acústicas
- Cimentaciones con menores secciones y estructuras mas ligeras, y económicas

Desventajas:

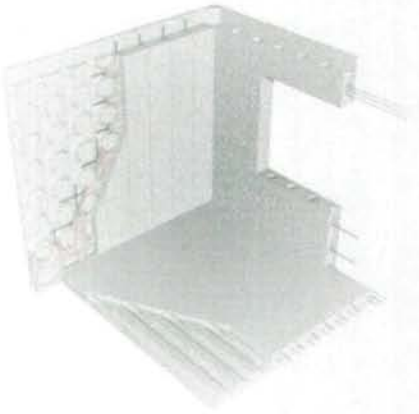
- Requiere de equipo para el montaje de paneles
- No se dispone de proveedor local
- Longitud de paneles prefabricados reducida
- Capacidad estructural limitada
- Falta de mano de obra calificada

CAPÍTULO V

PERFORM-WALL / RASTRA

PERFORM – WALL/ RASTRA

5.1 ANTECEDENTES



En 1968 el concepto "formas de concreto aislado" (Insulated Concrete Form) no existía. Fue el año en que un grupo de ingenieros pensó en desarrollar un sistema constructivo que ofreciera simplicidad en su uso, calidad, resistencia y un costo razonable. Inicialmente se utilizaron paneles de poliestireno con perforaciones diagonales y verticales que se rellenaban de concreto una vez que se colocaban en posición. Así el año de 1968 fue presumiblemente el nacimiento de las primeras construcciones ICF.

Este fue el inicio, pero las desventajas del uso del poliestireno, como el terminado del muro, o como base para luego aplicar recubrimientos fueron obvias. Consecuentemente se buscaron y encontraron nuevas ideas, mejores materiales formas y tamaños. En ese tiempo **BASF,** una compañía alemana, experimentaba con una mezcla de perlas de poliestireno y cemento sin poder encontrar un uso económico de este material. Al final esta idea se recogió, se adaptó, y se uso una mezcla similar en los nuevos elementos constructivos. En 1972 elementos básicos de RASTRA® dejaban una fábrica tipo granero en Austria para formar parte del primer edificio RASTRA®.

Años de desarrollo, pruebas, ingeniería, diseño, y la industrialización del proceso de producción, llevaron al logro del estado de arte del producto, lo que es el sistema RASTRA® hoy en día.

5.2 PROCESO CONSTRUCTIVO

PERFORM WALL® / RASTRA® es un sistema de estructuras de concreto hechas de un material ligero, que proporciona un armazón permanente con una rejilla de concreto reforzado para formar muros de contención, muros de corte, muros de cimentación, dinteles, muros de retención, y otros elementos de construcción.

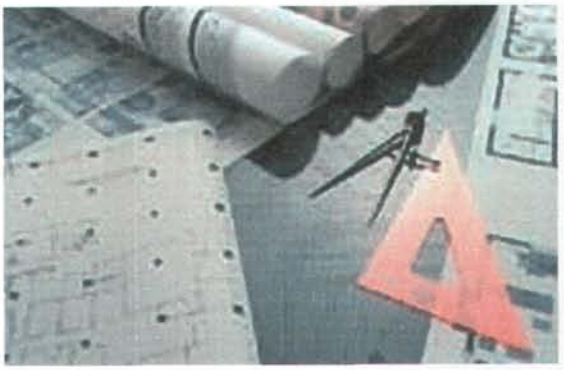
El panel estándar tiene un área de 1.16 m² y generalmente se usa para muros; el panel para extremos se usa para terminar muros, dinteles, antepechos y esquinas. Estos se pueden cortar, raspar, acanalar fácilmente.

Los paneles se fabrican en plantas automatizadas, y el proceso se controla por computadora. En la producción se mantiene un estricto control de calidad mediante monitoreos y auditorias realizadas por laboratorios independientes.

Los paneles se moldean en un proceso especial. La materia prima esponjosa que se utiliza para hacer este material se compacta aplicando presión, y posteriormente se procede al proceso de curado y corte.

El proceso de producción está diseñado para proteger el medio ambiente, dado que no se utiliza energía para curar los paneles; en promedio se necesita menos de 1 Kwh para producir cada uno de ellos. Durante la producción no se generan subproductos que puedan representar un peligro para el entorno ambiental; todos los residuos que quedan al recortar los paneles se reciclan de inmediato para fabricar material nuevo.

5.2.1Planeación



Es recomendable realizar el proyecto con un Ingeniero ó Arquitecto que conozca el sistema PERFORM WALL, tomando en cuenta la estructura, el terreno, los requisitos y restricciones de espacio y altura. (En este punto es fácil hacer cambios)

Es conveniente contar con la siguiente lista de los elementos que necesita para construir:

- Planos del proyecto de construcción.
- Informe de ingeniería sobre el sistema PERFORM WALL
- Herramientas necesarias para instalar los paneles
- Programa de obra.

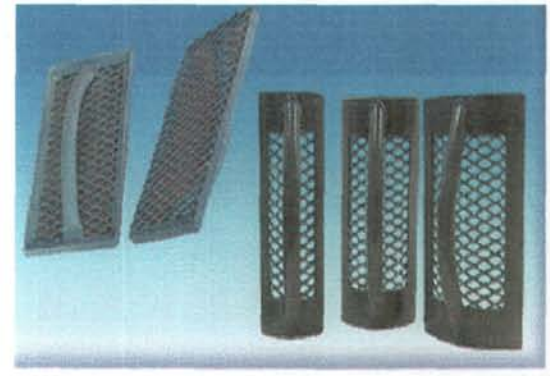
5.2.2 Herramientas y equipo

Los paneles se pueden instalar con las herramientas convencionales que normalmente se utilizan para instalar materiales comunes de construcción. A continuación se presenta una lista y una descripción de otras herramientas que se pueden usar en los proyectos que se construyan con PERFORM WALL.

- **Serrucho** de dientes grandes. Se usa para cortar los paneles a mano. Los dientes de este serrucho deben ser de 2 a 4 dientes por pulgada. Entre mas firme sea la hoja, mas rectos serán los cortes.
- **Sierra caladora**. Se usa para cortar los paneles, hacer contornos y orificios .

- **Sierra de cadena**. Para cortar secciones grandes, pretiles, o para hacer aberturas. Es preferible la sierra de cadena eléctrica, ya que es de menor velocidad y costo. No aceite la barra, el polvo residual de los paneles puede destruir rápidamente una sierra de cadena de gas.
- **Sierra circular.** Para hacer cortes largos.
- **Aditamento para cortar vigas.** Tiene una mesa que sirve como guía para cortar ángulos 90° o 45°.
- **Taladro** eléctrico estándar de 3/8" o de 1/2".
- **Pulidor.** Se puede usar para abrir en el panel los canales que servirán para colocar el cableado eléctrico.
- **Martillo** estándar.
- **Escaleras** De tijera de 6 a 8', y escaleras telescópicas.
- **Guantes.** De trabajo para proteger las manos de la aspereza de los paneles.
- **Mascarilla protectora.** Puede ser de cualquier tipo que se utilice para construcción. Se usa para protegerse del polvo al cortar y raspar.
- **Lentes de seguridad.**
- **Montacargas.** Brazos de 4" de ancho y un alcance vertical mínimo de 4'.
- **Elevador manual.** Estos aparatos pueden reemplazar al montacargas en la colocación de los paneles en posiciones por encima del alcance normal.
- **Andamios.** Como plataformas de trabajo.
- **Grúa**. Se usa para descargar. Es conveniente en obras con terreno irregular y reducido, y para maniobrar paneles hasta las zanjas que sirven como preparación para sótanos. También se puede usar para instalar secciones de muros prefabricados. Al construir edificios grandes puede incrementar la productividad, ya que permite incorporar paneles con el doble del tamaño (30"x IO').

- **Raspa.** Es una herramienta que se usa para emparejar y moldear los paneles. Es una carátula de metal expandido soldada a un marco con mango. El tamaño es aproximadamente 6" x 8".



- **Pico para elementos.** Se usa principalmente con los paneles dobles de 30" de altura y con los paneles prefabricados. Es un tubo cilíndrico con un mango que se retracta y dos brazos extensibles. El aparato se inserta en el centro de la celda, después los brazos se extienden y se sujetan en esa posición abierta, levantando el panel sosteniéndolo por sus extremos.

- **Pistola y espuma adhesiva.** Se utilizan para unir los paneles. La pistola se ensambla a un bote especial mediante un acoplamiento de rosca.
- **Soportes para muros**. *Para sujetar los muros antes y después del vaciado* del concreto. Estos soportes tienen una sección central tipo torniquete. De un extremo el soporte se sujeta a la plancha de concreto o al suelo, y del otro se sujeta contra el muro mediante una varilla de refuerzo y una cuña.
- **Guía para sierra y serrucho.** La guía para sierra sirve para cortar los paneles en forma rectangular con un serrucho manual.

- **"Goliat".** Esta herramienta es parecida a la que se usa para mover placas de yeso, pero es mas grande. El brazo elevador se inserta en la cavidad del panel.

- **Grapas.** Se usan en lugar del pegamento para unir los paneles o mantener juntas las piezas mientras seca el pegamento, y para reforzar algunas juntas en áreas de mucha tensión al colar. Se pueden hacer de acero plano de 1/8". También se pueden usar cordones elásticos.

- **Varilla de refuerzo**. Se usa en los núcleos para reforzar los muros de concreto. Su tamaño y espaciamiento serán determinados por el Ingeniero de estructuras.

5.2.3 Descarga del Material

Se puede realizar utilizando diferentes métodos, el mas recomendable es un montacargas con la capacidad necesaria y el aditamento especial para descargar los bultos de material. Para volúmenes mas grandes y en lugares donde la superficie del terreno es irregular se recomienda utilizar una grúa con el aditamento necesario o un par de tubulares especiales para poder descargar el material de la plataforma.

Acceso a la obra.

Un camión contiene de 240 a 270 paneles estándar, o una combinación de paneles estándar, dobles y para extremos, El peso de una carga completa puede oscilar entre 18 y 20 toneladas, mientras que la longitud total de la caja y el tractor puede ser de 15 a 23 mts. Por lo tanto, es necesario contar con espacio plano y bien nivelado.

Antes de descargar, revisar la carga y no separar las piezas de las unidades quebradas, ya que se pueden volver a pegar con espuma adhesiva.

Antes de desamarrar las correas o dispositivos de seguridad, verificar que el camión esté completamente nivelado. Use también tiras de madera 2x4 o 2x6 para colocar apuntalamientos diagonales en ambos lados de las pilas del material que se va a desamarrar.

Evite subirse por los lados de los paneles si éstos están desamarrados, ya que los montones de siete o más elementos no son estables sobre el camión ni sobre el suelo.

Si se usa equipo para descargar, es muy importante observar las reglas de seguridad propias del trabajo. Si las unidades se van a descargar manualmente, use apuntalamientos diagonales para estabilizarlos y mantener las pilas de elementos a una altura cómoda (4 o 5 elementos)

Verifique que todas las herramientas, los accesorios y el equipo para descarga sean seguros, estén en buenas condiciones, y puedan soportar el peso y número de elementos deseados.

Mantenga contacto visual con el operador del equipo. Antes de descargar el material, póngase de acuerdo con el operador sobre las señales que se utilizaran. Inicie con cargas pequeñas y luego vaya aumentándolas a medida que se familiarice más con el procedimiento.

Almacenamiento

Los paneles se deben almacenar en un área plana. Si los elementos se van a mantener en el exterior durante algún tiempo, se deben cubrir para evitar que se saturen de aguas pluviales. El agua no debilita el producto, pero puede hacer que los paneles se vuelvan mas pesados, lo que a su vez puede provocar que se quiebren si se levantan estando todavía mojados.

5.2.4 Cimentaciones

El panel PERFORM WALL se puede utilizar desde el muro de cimentación, o utilizar los sistemas tradicionales.

Una de las ventajas de utilizar los paneles PERFORM WALL en el muro de cimentación es que aíslan el firme de concreto y producen un punto de quiebre térmico ahorrando energía y disminuyendo el efecto que puedan causar los cambios de temperatura en el exterior. Esto también reduce las expansiones y contracciones en los muros.

Métodos para muros de cimentación

- Una opción en los métodos de instalación de muros PERFORM WALL de cimentación, es sobre las zapatas o firmes de concreto previamente coladas.
- La otra es colocar la primera hilada de PERFORM WALL sobre la zapata con el concreto fresco nivelando y plomeando.
- El proceso puede ser monolítico, esto es instalar las formas sobre las zapatas o los firmes y después colar el concreto.

Colocación de refuerzos

El común denominador para el desplante del muro, en todos los casos, debe ser la varilla vertical que se deja para el refuerzo de los paneles, y esta quedará separada ya sea 15" ó 30" entre si, a centro de celda. Usar silletas u otros aditamentos para posicionar dentro de las celdas los refuerzos horizontales o verticales que sean necesarios.

Sótanos y muros de contención

De la misma manera, se pueden utilizar los paneles para muros de sótano y de contención, reforzándolos e impermeabilizándolos de acuerdo al diseño y especificaciones del Ingeniero.

BIBLIOTECA

5.2.5 Instalación de muros

Los paneles se pueden colocar tanto horizontal y/o verticalmente, y se pueden pegar con poliuretano o grapar, para mantenerlos unidos para el colado del concreto.

- Confirmar al iniciar la colocación de las piezas en la primera hilada, que la dala de desplante, firme de concreto, etc. estén nivelados y limpios.
- Asegurarse que la separación de la siembra de las varillas sea de 15" (0.381m.) o múltiplo ya que cualquier diferencia entre varilla ocasionará perdida de tiempo en el desarrollo de la obra.
- Después de lo anterior se coloca la primera pieza y proseguir, ya sea verticalmente, horizontalmente o en combinación, empezando en una esquina, hasta cerrar el perímetro, compensando y cortando el panel en cada esquina; en las siguientes hiladas se sigue el mismo procedimiento de la primer hilada.

- Observar la continuidad de las celdas. Es necesario el plomear y nivelar al ir pegando cada pieza.
- Se aplica la espuma de poliuretano, utilizando una pequeña porción a cada 8" directamente sobre el panel (no es un procedimiento de sellado de juntas) para mantener las piezas unidas mientras se vierte el concreto.

- El anclaje de las varillas verticales para el desplante, se realizará de acuerdo al procedimiento descrito, cuidando de efectuar los traslapes de acuerdo al diseño.
- La colocación de la varilla de refuerzo horizontal se colocará hilada por hilada.
- En las esquinas, colocar la varilla de refuerzo horizontal en ángulo (por cada panel) ya que es necesario que el traslape en estas sea considerado para darle amarre y continuidad a la retícula de concreto.

Tipos de esquinas:

Es recomendable colocar las esquinas de las siguientes maneras:

1. Se realiza un corte a 45º al centro de la celda, en las piezas que forman la esquina.
2. Se coloca un panel final de forma vertical, cortándole toda la ceja de un lado o hacerle cortes de 6" a cada 15" para darle continuidad a las celdas de los paneles estándar.
3. Hacer cortes de 90º en la celda de las piezas que forman la esquina.

Muros Curvos:

Los muros curvos se pueden crear usando paneles de 15" de longitud en posición vertical. Recortando los bordes interiores de los paneles hasta alcanzar el ángulo correcto, se puede crear un muro curvo que será de hecho un polígono con lados de 15" de longitud. El radio inscrito dependerá del ángulo al cual se corten los lados de los paneles.

Claros de ventanas y puertas

Al montar los muros, observe y marque los lugares donde se van a hacer las aberturas

para puertas y ventanas. En alguno de los lados de estas aberturas se tienen que colocar varillas de refuerzo de acuerdo al diseño. Se debe considerar que el refuerzo vertical u horizontal se interrumpirá en estas aberturas.

5.2.6 Muros prefabricados

El sistema permite también el ensamblar los paneles en otro lugar con las ventajas de los sistemas panelizados y prefabricados, para luego llevarlos a la obra y proceder a su instalación con el mismo procedimiento mencionado.

5.2.6 Colado de muros

Una vez realizado el proceso de instalación de los paneles y antes de rellenar con concreto las celdas de los muros, es conveniente revisar los siguientes puntos.

- Asegúrese de que todos los paneles estén pegados.
- Apuntale tramos largos y rectos, para reducir movimientos al estar vaciando la el concreto y para mantener la rectitud de los muros.
- Instale todas las partes eléctricas y de plomería que vayan dentro de las celdas del panel.
- Coordínese con el proveedor de concreto para programar las especificaciones correctas del concreto, así como la llegada de la bomba.
- Revise que al cortar aberturas para ventanas, no hayan caído dentro de los canales del muro pedazos del material.
- Lave con manguera el interior de los paneles

para mejorar el fluido del concreto, así como para ayudar a reforzar al curado.

Diseño de la mezcla

Se debe de pedir un concreto con revenimiento de por lo menos 7". Es preferible un rango de revenimiento de 8 1/2" ± 2", el cual es suficiente para el bombeo y también permite que el concreto penetre en el material, integrando así la forma y el núcleo de la estructura.

Altura del colado

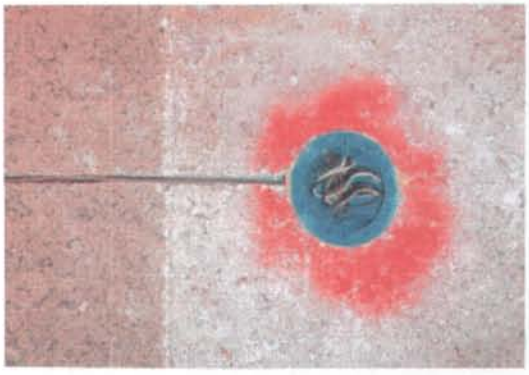
La altura del primer colado dependerá de la estructura en si y de los requerimientos de la normatividad local. En general no se recomienda hacer colados de mas de 3 mts. de altura, ya que la presión hidráulica en la base del colado puede exceder la capacidad del material.

Vacíe el concreto primero en el fondo de todas las aberturas para ventanas que midan mas de 1.5 mts. de ancho, corte un orificio en el elemento para extremos o justo debajo del bastidor, para que pase el concreto.

Continúe llenando el muro, si tiene la mezcla el revenimiento correcto, fluirá a un ángulo de 45° y verifique que la lechada llegue hasta el nivel deseado. El exceso de agua brotará del panel y el agua que quede en el fondo será desplazada por el concreto que fluya hacia adentro del muro. En lugares de clima muy cálido, mojar el interior del muro ayuda a enfriar las paredes ya aumentar la humedad, lo cual puede ayudar a que se cure mejor el concreto

5.2.7. Instalaciones

Conductos interiores



Antes de vaciar el concreto, los conductos se pueden meter al muro de la misma forma que se hace en las construcciones de ladrillo o bloque.

Ranuras en la pared exterior

Con este método, la mayor parte del cableado se puede instalar después de haber montado y rellenado con cemento los paneles. Una vez que se coloca el alambre o conducto en la ranura, esta puede resanarse.

Cajas de conexiones

Si la caja de conexiones se va a colocar en el área de una celda rellena, la caja se debe instalar antes de rellenar el muro con concreto.

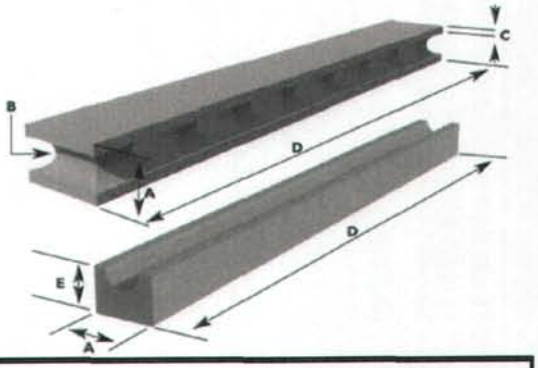
Una vez hecho el orificio, la caja de conexiones se puede meter a presión en la abertura y sellar con adhesivo en todas las orillas. Generalmente la misma espuma que se usa para unir los paneles es suficiente.

5.2.9. Acabados Después de dejar pasar un tiempo para que se seque el relleno de concreto, retire los apuntalamientos y soportes. Para emparejar los elementos que no hayan quedado al ras durante la instalación es posible que sea necesario raspar las paredes.

A los muros se les pueden dar diversos tipos de acabados: aplanados yeso, papel tapiz, tabla-roca, ladrillo, piedra o pintura. El yeso o el aplanado se aplica directamente al muro sin necesidad de usar malla. Para colocar papel tapiz, los poros de la pared se resanan primero y luego se aplica el papel en la forma acostumbrada. El panel de tabla-roca se puede fijar usando parches de adhesivo especial.

5.3 PROPIEDADES

5.3.1 Propiedades Mecánicas y de Diseño.



DIMENSIONES - pulgadas (mm)								Peso Panel
PANEL	A	B	C	D	E	Ancho etándard	Ancho Doble	lbs(kg)±10%
8.5"x15"x120"	8.5" (216)	5" (127)	1.75" (44)	120" (3048)	N.A.	15" (381)	30" (762)	149 (67)
10"x15"x120"	10" (254)	6" (152)	2" (51)		7.5" (191)			158 (72)
12"x15"x120"	12" (305)	6" (152)	3" (76)					197 (90)
14"x15"x120"	14" (356)	6" (152)	4" (102)					248 (110)

TOLERANCIAS DE MANUFACTURA - pulgadas (mm)							
PANEL	A	B	C	D	E	Ancho etándard	Ancho Doble
8.5"x15"x120"	±1/8" (3.18)	±3/4" (19.10)	±3/8" (9.53)	+1/2" (12.70) -3/8" (9.53)	+1/2" (12.70) -5/8" (15.88)	±3/32" (2.38)	±3/32" (2.38)
10"x15"x120"	±1/8" (3.18)	-1/2" (12.70)	±1/2",-3/8" (12.70, 9.53)				
12"x15"x120"	±1/8" (3.18)		±1/2" (12.70)				
14"x15"x120"	±3/16" (4.76)		±5/8" (15.88)				

Estructural	Aprobado para uso en edificios en de mas de un piso las cuatro áreas sísmicas.
RAL#20177-IP, 9/96 In-plane cyclic shear RAL#23940-SW, 10/97Slender wall RAL#25683-NSW, 11/98Narrow shear wall RAL#20177-L, 9/96Flexural/Lintels	

5.3.2 Propiedades térmicas.

Durante pruebas a escala natural de cinco horas de duración realizadas a muros PERFORM WALL de 10 pulgadas de espesor, se aplicaron temperaturas de mas de 2,000°F en el lado expuesto. El aumento de temperatura registrado en el lado no expuesto fue de únicamente 7 °F,. Esta baja conductividad, aunada a la capacidad de almacenamiento térmico del núcleo de concreto son las que brindan a los muros PERFORM WALL su excelente desempeño como aislantes térmicos.

TABLA DE ESPECIFICACIONES TECNICAS				
PANEL PERFORM STANDARD	STANDARD 8.5"X15"X10'	STANDARD 10"X15"X10'	STANDARD 12"X15"X10'	STANDARD 14"X15"X10'
VALOR "R" (Hr °F sqft/Btu)	**19**	**23**	**27**	**33**

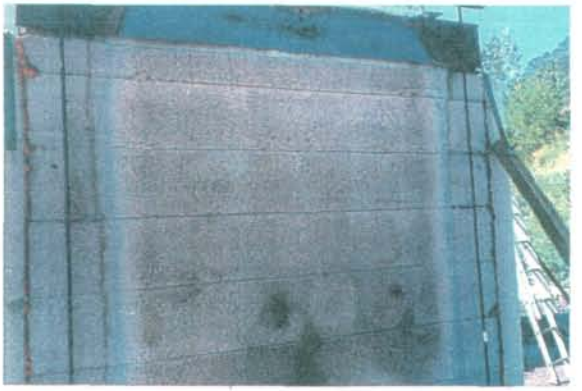
5.3.3 Propiedades acústicas.

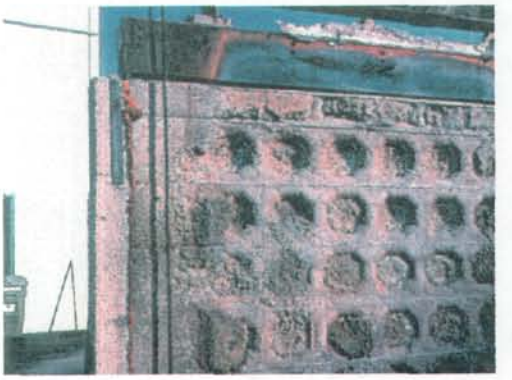
El panel tiene una excepcional cualidad para absorber y atenuar el sonido, lo cual significa que el interior de las estructuras construidas con PERFORM WALL están protegidas de la mayoría de los ruidos externos.

Atenuación de Sonido ITS – J20031297-003, 1/01	**STC 50**

5.3.4 Resistencia al fuego.

No promueven la combustión, no emiten humo y están clasificados como muros que resisten cuatro horas de exposición al fuego .





Resitencia de Fuego UL-R20638, 6/01 U915, 5/01	calificación de **4** horas (ASTM E119)
Prueba Termica (Prueba interior de fuego) OPL-15715-101808, 9/97	No hubo propagación de fuego, no hubo desarrollo de humo Pared reune el estandar UBC 26-3
Caracteristicas de Quemadura de Superficie SGS-154683, 9/98 ASTM E 84 (NFPA255,UBC8-1)	Indice de propagación de Flama 0, ndice de propagación de Humo 5, NFPA class A, UBC class 1,

5.3.5 Resistencia a la humedad.

Transmisión de Agua ATI-03-30070.02, 4/01 ATI-03-30305.02, 4/01	Reune los requerimientos ASTME331, ASTM E 514, reune UBC 14-1 (calificación "C" craft paper)

5.3.6 Resistencia al Moho y Hongos

Los paneles PERFORM WALL no promueven el acumulamiento de moho u hongos.

Resistencia a Hongos y Moho ARL - 30230, 8/01 ASTM G21-96	Se realizaron pruebas con los siguientes cultivos en los cuales se detecto cero crecimiento en un Panel Perform Wall: Aspergillus niger ,Penicillium pinophilum Chaetomium globosum Gliocladium virens Aureobasidium pullulans Stachybotrys chartarum (Hongo Negro)

5.4 VENTAJAS

Los beneficios del los paneles PERFORM WALL en la construcción son muy amplios y varios a continuación se presentan algunos de ellos,

- Se dispone de **proveedor local**
- El compuesto de mas volumen y el panel en si es de material **reciclado**
- Trabajabilidad y rapidez en la construcción por su peso ligero y facilidad de corte y ranuración
- Resistencia al fuego certificada por UL
- Seguridad y economía por ser construcciones resistentes al fuego
- Simplificación en el proceso, al no requerir recubrimientos adicionales para aislar y dar acabados.
- Menores costos de climatización por su propiedad aislante integrada y conservación de energía
- Paneles modulares
- Mayor resistencia a las condiciones del clima
- Flexibilidad e Integridad estructural
- Especificaciones ICBO
- Excelentes propiedades acústicas
- Mínimos desperdicios

Desventajas:

- Requiere de equipo especial para el montaje y descarga
- Manejo delicado de los paneles
- Necesita aditamentos para fijaciones al muro
- Falta de mano de obra calificada

CAPÍTULO VI

TABLA DE USOS

TABLA DE APLICACIONES DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

USOS	TILT-UP		CONTEC		PERFORM-WALL	
	Muro de carga	Muro no cargador	Muro de carga	Muro no cargador	Muro de carga	Muro no cargador
Vivienda residencial						
Vivienda media						
Vivienda de interés social						
Naves industriales						
Edificios industriales especializados: cuartos fríos, cuartos secos.	a					
Centros comerciales						
Hospitales						
Escuelas y universidades						
Edificios de oficinas						
Edificios de gobierno						

Notas:
a. Muros aislados thermomass

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo del estudio muestra que el conocimiento de los procesos constructivos innovadores para muros que actualmente se realizan en esta ciudad, orienta y sitúa en el camino de la competitividad al constructor Juarense.

Se da a conocer los pormenores de cada proceso constructivo y contesta preguntas tales como:

- ¿Que tanto tiempo se han investigado los materiales?
- ¿Cuales son las técnicas de construcción?
- ¿Que herramienta y equipo demanda el proceso?
- ¿Requiere mano de obra calificada?
- ¿Que grado de prefabricación y mecanización tiene?
- ¿Cuales son las características y especificaciones del proceso y en que repercuten en la calidad de la construcción?
- ¿Cuáles son las ventajas del proceso constructivo?
- ¿En donde se pueden aplicar estos procesos con mejores resultados?

La modulación de elementos constructivos, el aprovechamiento de los avances en sistemas de edificación, la eficiencia del proceso y la capacidad de la mano de obra es donde radican los beneficios y el capital para lograr el progreso.

Uno de los puntos comunes en todos los sistemas presentados, es la demanda de personal más capacitado y especializado.

La tecnología es un componente relevante en el cambio estructural de las capacidades de las empresas. Por tal motivo, conocer y optimizar los sistemas constructivos, recursos humanos y económicos en una estructura acorde con los nuevos avances tecnológicos es imperativo hoy en día, ya que la empresa que quiera ofrecer excelencia en sus servicios, requerirá crear valores agregados en su personal y en sus procesos.

BIBLIOGRAFIA

CONTEC MEXICANA. Manual Técnico. Segunda Edición. 1997

FRANKLIN S. KURTZ, P.E. Tilt-up Concrete Construction. Practitioner's guide, American Concrete Asociation. 1997

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA. Anuario Estadístico Chihuahua, Edición 2000, ISBN 0188-8668. 2000

TILT-UP CONCRETE CONSTRUCTION PRACTITIONER'S GUIDE- American Concrete Institute

INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC. International Building Code, ISBN #1-892395-26-6. 2000. 2000

PERFORM WALL PANEL SYSTEM. Manual Perform Wall, Trilogy Materials. 2001

PERFORM WALL PANEL SYSTEM. Test Data, Trilogy Materials. 2001

ROBERTO HERNANDEZ SAMPIERI. Metodología de la Construcción, Segunda edición, Mc Graw-Hill, ISBN 970-10-1899-0. 1998

THERMOMASS. Questions & Answers about the Thermomass Building System. Cuarta Edición. 1998

DELGADO ALFARO JOSE L. Fortalezca su .... Revista obras. Expansión. 2000

MIER Y TERAN FRANCISCO. Desarrollo tecnológico. Revista construcción. CMIC. 1998

www.contecmexicana.com.mx

www.contecmexicana.com.mx

www.performwall.com

www.aci.com

www.stc.com

www.performwall.com

www.aci.com

www.stc.com

ANEXOS

ANEXO 1: CLASIFICACION DE LAS CONSTRUCCIONES (UBC)

CHAPTER 6

TYPES OF CONSTRUCTION

SECTION 601
GENERAL

601.1 Scope. The provisions of this chapter shall control the classification of buildings as to type of construction.

SECTION 602
CONSTRUCTION CLASSIFICATION

602.1 General. Buildings and structures erected or to be erected, altered or extended in height or area shall be classified in one of the five construction types defined in Sections 602.2 through 602.5. The building elements shall have a fire resistance rating not less than that specified in Table 60 I and exterior walls shall have a fire-resistance rating not les s than that specified in Table 602.

> **602.1.1 Minimum requirements**. A building or portion thereof shall not be required to conform to the details of a type of construction higher than that type, which meets the minimum requirements based on occupancy even though certain features of such a building actually conform to a higher type of construction.

602.2 Types I and II. Types I and II construction are those types of construction in which the building elements listed in Table 601 are of noncombustible materials.

602.3 Type III. Type III construction is that type of construction in which the exterior walls are of noncombustible materials and the interior building elements are of any material permitted by this code. Fire-retardant-treated wood framing complying with Section 23032 shall be permitted within exterior wall assemblies of a 2-hour rating or less.

602.4 Type IV. Type IV construction (Heavy Timber, HT) is that type of construction in which the exterior walls are of noncombustible materials and the interior building elements are of solid or laminated wood without concealed spaces. The details of Type IV construction shall comply with the provisions of this section. Fire-retardant-treated wood framing complying with Section 2303.2 shall be permitted within exterior wall assemblies with a 2-hour rating or less.

> **602.4.1 Columns**. Wood columns shall be sawn or glued laminated and shall not be less than 8 inches (203 mm), nominal, in any dimension where supporting floor loads and not less than 6 inches (152 mm) nominal in width

and not less than 8 inches (203 mm) nominal in depth where supporting roof and ceiling loads only. Columns shall be continuous or superimposed and connected in an approved manner.

602.4.2 Floor framing. Wood beams and girders shall be of sawn or glued laminated timber and shall be not less than 6 inches (152 mm) nominal in width and not less than 10 inches (254 mm) nominal in depth. Framed sawn or glued laminated timber arches, which spring from the floor line and support floor loads, shall be not less than 8 inches (203 mm) nominal in any dimension. Framed timber trusses supporting floor loads shall have members of not less than 8 inches (203 mm) nominal in any dimension.

602.4.3 Roof framing. Wood-framed or glued laminated arches for roof construction, which spring from the floor line or from grade and do not support floor loads shall have members not less than 6 inches (152 mm) nominal in width and have less than 8 inches (203 mm) nominal in depth for the lower half of the height and not less than 6 inches (152 mm) nominal in depth for the upper half. Framed or glued laminated arches for roof construction that spring from the top of walls or wall abutments, framed timber trusses, and other roof framing, which do not support floor loads, shall have members not less than 4 inches (102 mm) nominal in width and not less than 6 inches (152 mm) nominal in depth. Spaced members may be composed of two or more pieces not less than 3 inches (76 mm) nominal in thickness where blocked solidly throughout their intervening spaces or where spaces are tightly closed by a continuous wood cover plate of not less than 2 inches (51 mm) nominal in thickness secured to the underside of the members. Splice plates shall be not less than 3 inches (76 mm) nominal in thickness. Where protected by approved automatic sprinklers under the roof deck, framing members shall be not less than 3 inches (76 mm) nominal in width.

602.4.4 Floors. Floors shall be without concealed spaces. Wood floors shall be of sawn or glued laminated planks, splined, or tongue-and-groove, of not less than 3 inches (76mm) nominal in thickness covered with l-inch (25.4 mm) nominal dimension tongue-and-groove flooring, laid crosswise or diagonally, or 0.5-inch (12.7 mm) particle board or planks not less than 4 inches (102 mm) nominal in width set on edge close together and well spiked and covered with 1 inch (25.4 mm), nominal, dimension flooring or ½ -inch (12.7 mm) wood structural panel or 0.5-inch (12.7 mm) particle board. The lumber shall be laid so that no continuous line of joints will occur except at points of support. Floors shall not extend closer than 0.5 inch (12.7 mm) to walls. Such 0.5-inch (12.7 mm) space shall be covered by a molding fastened to the wall and so arranged that it will not obstruct the swelling or shrinkage move ments of the floor. Corbelling of masonry walls under the floor may be used in place of molding.

602.4.5 Roofs. Roofs shall be without concealed spaces and wood roof decks shall be sawn or glued laminated, splined or tongue-and-groove plank,

not less than 2 inches (51 mm) thick, 1 1/8 (32 mm)-inch-thick wood structural panel (exterior glue), or of planks not less than 3 inches (76 mm) nominal wide, set on edge close together and laid as required for floors. Other types of decking may be used if providing equivalent fire resistance and structural properties.

602.4.6 Partitions. Partitions shall be of solid wood construction formed by not less than two layers of 1-inch (25 mm) matched boards or laminated construction 4 inches (100 mm) thick, or of l-hour fire-resistance-rated construction.

602.4.7 Exterior structural members. Where a horizontal separation of 20 feet (6096 mm) or more is provided, wood columns and arches conforming to heavy timber sizes may be used externally.

602.5 Type V. Type V construction is that type of construction in which the structural elements, exterior walls and interior walls are of any materials permitted by this code.

SECTION 603
COMBUSTIBLE MATERIAL IN TYPES I ANO II CONSTRUCTION

603.1 Allowable uses. Combustible materials are permitted in buildings of Type I and Type II construction in the following applications:

1. Fire-retardant-treated wood shall be permitted in:
   1.1. Nonbearing partitions where the required fire-resistance rating is 2 hours or less.
   1.2. Nonbearing exterior walls where no tire rating is required.
   1.3. Roof construction as permitted in Table 601, Note c, Item 3.
2. Thermal and acoustical insulation, other than foam plastics, having a flame spread index of not more than 25.

Exceptions:

1. Insulation placed between two layers of noncombustible materials without an intervening air space shall be allowed to have a flame spread index of not more than 100.
2. Insulation installed between a finished floor and solid decking without intervening air space shall be allowed to have a flame spread index of not more than 200.

3. Foam plastics in accordance with Chapter 26.
4. Roof coverings that have an A, B or C classification.
5. Interior floor finish and interior finish, trim and millwork such as doors, door frames, window sashes and frames.

6. Where not installed over 15 feet (4572 mm) above grade, show windows, nailing or furring strips, wooden bulkheads below show windows, their frames, aprons and show cases.
7. Finish flooring applied directly to the floor slab or to wood sleepers that are fire stopped in accordance with Section 716.2.7.
8. Partitions dividing portions of stores, offices or similar places occupied by one tenant only and which do not establish a corridor serving an occupant load of 30 or more may be constructed of fire-retardant-treated wood, 1-hour fire-resistive construction or of wood panels or similar light construction up to 6 feet (1829 mm) in height.
9. Platforms as permitted in Section 410.
10. Materials complying with Section 602 of the *International Mechanical Code.*
11. Combustible exterior wall coverings, balconies, bay or oriel windows, or similar appendages in accordance with Chapter 14.
12. Blocking such as for handrails, millwork, cabinets, and window and door frames.
13. Light-transmitting plastics as permitted by Chapter 26.
14. Mastics and cau1king materials applied to pro vide flexible seals between components of exterior wall construction.
15. Exterior plastic veneer installed in accordance with Section 2605.2.
16. Nailing or furring strips as permitted by Section 803.3.
17. Heavy timber as permitted by Note C, Item 2, to Table 601 and Sections 602.4.7 and 1406.3.
18. Aggregates, component materials and admixtures as permitted by Section 703.2.2.
19. Sprayed cementations and mineral fiber fire-resistive materials installed to comply with Section 1704.11.
20. Materials used to protect penetrations in fire-resistance-rated assemblies in accordance with Section 711.
21. Materials used to protect joints in fire-resistance-rated assemblies in accordance with Section 712.
22. Materials allowed in the concealed spaces of buildings of Types I and II construction in accordance with Section 716.5.

TABLE 601
FIRE-RESISTANCE RATING REQUIREMENTS FOR BUILDING ELEMENTS
(hours)

BUILDING ELEMENT	TYPE I		TYPE II		TYPE III		TYPE IV	TYPE V	
	A	B	Ad	B	Ad	B	HT	Ad	B
Structural frame[a]									
Including columns, girders, trusses	3[b]	2[b]	1	0	1	0	HT	1	0
Bearing walls									
Exterior[f]	3	2	1	0	2	2	2	1	0
Interior	3[b]	2[b]	1	0	1	0	1/HT	1	0
Nonbearing walls and partitions									
Exterior	See Table 602								
Interior[e]	See Seccion 602								
Floor construction									
Including supporting beams	2	2	1	0	1	0	HT	1	0
and joists									
Roof construction									
Including supporting beams	1 ½[c]	1[c]	1[c]	0[c]	1[c]	0	HT	1[c]	0
and joists									

For SI: 1 foot= 304.8 mm.

a. The structural frame shall be considered to be the columns and the girders, beams, trusses and spandrels having direct connections to the columns and bracing members designed to carry gravity loads. The members of floor or roof panels, which have no connection to the columns, shall be considered secondary members and not a part of the structural frame.

b. Roof supports: Fire-resistance ratings of structural frame and bearing walls are permitted to be reduced by 1 hour where supporting a roof only.

c. 1. Except in Factory-Industrial (F-I), Hazardous (H). Mercantile (M) and Moderate Hazard Storage (S-I) Occupancies. Fire protection of structural members shall not be required, including protection of roof framing and decking where every pan of the roof construction is 20 feet or more above any floor immediately below. Fire-retardant-treated wood members shall be allowed to be used for such unprotected members.

2. In all occupancies heavy timber shall be allowed where a 1-hour or less fire-resistance rating is required.

3. In Type I and Type II construction, fire-retardant-treated wood shall be allowed in buildings not over two stories including girders and trusses as part of the roof construction.

d. An approved automatic sprinkler system in accordance with Section 903.3.1.1 shall be allowed to be substituted for I-hour fire-resistance-rated construction

provided such system is not otherwise required by other provisions of the code or used for an allowable area increase in accordance with Section 506.3 or an allowable height increase in accordance with Section 504.2. The I-hour substitution for the fire resistance of exterior walls shall not be permitted.

e. For interior nonbearing partitions in Type IV construction also see Section 602.4.6.

f. Not less than the fire-resistance rating based on fire separation distance (see Table 602.)

TABLE 602
FIRE-RESISTANCE RATING REQUIREMENTS FOR EXTERIOR WALLS BASED ON FIRE SEPARATION DISTANCE

FIRE SEPARATION DISTANCE (feet)	TYPE OF CONSTRUCTION	GROUP H	GROUP F-1, M, S-1	GROUP A, B, E, F-2, I, R, S-2,U
< 5 c	All	3	2	1
>- 5	I-A	3	2	1
< 10	Others	2	1	1
>- 10	I-A, I-B	2	1	1
< 30	II-b, V-B	1	0	0
	Others	1	1	1
>- 30	All	0	0	0

For SI: 1 foot = 304.8 mm.

a. Load-bearing exterior walls shall also comply with the fire-resistance rating requirements of Table 60 I.

b. Group R-3 and Group U when used as accessory to Group R-3, as applicable in Section 101.2 shall not be required to have a fire-resistance rating where fire separation distance is 3 feet or more.

c. See Section 503.2 for party walls.

ANEXO 2: RESISTENCIA AL FUEGO.

SECTION 720

CALCULATED FIRE RESÍSTANSE

720.1 General. The provisions of this section contain procedures by which the flre resistance of specific materials or combinations of materials is established by calculations. These procedures apply only to fue information contained in this section and shall not be otherwise used. The calculated flfe resistance of concrete, concrete masonry, and clay masonry assemblies shall be perrnitted in accordance with ACI 216.1rrMS 0216.1.

720.1.1 Definitions. The following words and terms shall, for the purposes of Section 720, have fue meanings shown herein.

CONCRETE, CARBONATE AGGREGATE. Concrete made with aggregates consisting mainly of calcium or magnesium carbonate, such as limestone or dolomite.

CONCRETE, CELLULAR. A lightweight insulating concrete made by mixing a preformed foam with Pórtland cement slurry and having a dry unit weight of approximately 30 pcf (480 kg/m3).

CONCRETE, LIGHTWEIGHT AGGREGATE. Concrete made with aggregates of expanded ciar, shale, slag, or slate or sintered fly ash, and weighing 85 to 115 pcf(1360 to 1840 kg/m3).

CONCRETE, PERLITE. A lightweight insulating concrete having a dry unit weight of approximately 30 pcf(480 kg/m3) made with perlite concrete aggregate. Perlite aggregate is produced from a volcanic rock which, when heated, expands to form a glass-like material of cellular structure.

CONCRETE, SAND-LIGHTWEIGHT. Concrete made with a combination of expanded ciar, shale, slag, or slate or sintered fly ash and natural sancto Its unit weight is generally between 105 and 120 pcf (1680 and 1920 kg/m3).

CONCRETE, SILICEOUS AGGREGATE. Concrete made with normal weight aggregates consisting mainly of silica or compounds other than calcium or magnesium carbonate.

CONCRETE, VERMICULITE. A lightweight insulating concrete made with vermiculite concrete agrégate which is laminated micaceous material produced by expanding fue ore at high temperatures. When added to a

portland cement slurry the resulting concrete has a dry unit weight of approximately 30 pcf (480 kg/m3).

CERAMIC FIBER BLANKET. A mineral wool insulation material made of alumina-silica fibers and weighing 4 to 10 pcf (64 to 160 kg/m3).

GLASS FIBER BOARD. Fibrous glass roof insulation consisting of inorganic glass fibers formed into rigid boards using a binder. The board has a top surface faced with asphalt and kraft reinforced with glass fiber.

MINERAL BOARD. A rigid felted therrnal insulation board consisting of either felted mineral fiber or celluar beads of expanded aggregate formed in to flat rectangular units.

720.2 Concrete assemblies. The pr isions of this section contain procedures by which fue fire- sistance ratings of concrete assemblies are established by c culations.
720.2.1 Concrete walls. Cast-in-place d precast concrete walls shall comply with Section 7 0.2.1.1. Multiwythe concrete walls shall comply with Section 720.2.1.2. Joints between precast panels shall comply with Section 720.2.1.3. Concrete walls with gypsum wallboard or plaster finish shall comply with Section 720.2.1.4.
720.2.1.1 Cast-In-place or precast walls. The minimum equivaleny thicknesses of cast-in-place or precast concrete walls for fire-resistance ratings of 1 hour to 4 hours are shown in Table 720.2.1.1. For solid walls with flat vertical surfaces, the equivalent thickness is the same as the actual thickness. The values in table 720.2.1.1 apply to plain, reinforced or prestressed concrete walls.

TABLE 720.2.1.1
MINIMUM EQUIVALENT THICKNESS OF CAST-IN-PLACE
OR PRECAST CONCRETE WALLS, LOADBEARING OR NONLOADBEARING

CONCRETE TYPE	MINIMUM SLAB THICKNESS (inches) FOR FIRE RESISTANCE				
	1 hour	1-1/2 hour	2 hour	3 hour	4 hour
Siliceous	3.5	4.3	5.0	6.2	7.0
Carbonate	3.2	4.0	4.6	5.7	6.6
Sand-Lightweight	2.7	3.3	3.8	4.6	5.4
Lightweight	2.5	3.1	3.6	4.4	5.1

720.2.1.1.1 Hollow-core precast wall panels. For hollow-core precast concrete wall panels in which the cores are of constant cross section throughout the length, calculation of the equivalent thickness by dividing the net cross-sectional area (the gross cross section minus the area of the cores) of the panel by its width shall be permitted.

720.2.1.1.2 Core spaces fille. Where all of the core spaces of hollow-core wall panels are filled with loose-fill material, such as expanded shale, clay, or slag, or vermiculite or perlite, the fire-resistance rating of the wall is the same as that of a solid wall of the same concrete type and of the same overall thickness.

720.2.1.1.3 Tapered cross sections. The thickness of panels with tapered cross sections shall be that determined at a distance $2t$ or 6 inches (152 mm), whichever is less, from the point of minimum thickness, where t is the minimum thickness.

720.2.1.1.4 Ribbed or undulating surfaces. The equivalent thickness of panels with ribbed or undulating surfaces shall be determined by one of the following expressions:

for $s \geq 4t$, the thickness to be used shall be t;
for $s \geq 2t$, the thickness to be used shall be te;
for $4t > s > 2t$, the thickness to be used shall be

$$t + (4t/s - 1)(te - t) \quad \text{(Equation 7-3)}$$

where:
s = Spacing of ribs or undulations.
t = Minimum thickness.
te = Equivalent thickness of the panel calculated as the net cross-sectional area of the panel divided by the width, in which the maximum thickness used in the calculation shall not exceed 2t.

720.2.1.2 Multi-wythe wall. For walls wich consist of two wythes of different types of concrete, the fire-resistance ratings shall be permitted to be determined by the formula:

$$R = (R1^{0.59} + R2^{0.59} + \ldots . Rn^{0.59})^{1.7} \quad \text{(Equiation 7-4)}$$

Where :

R= The fire endurance of the assembly, minutes
R1, R2, and Rn= The fire endurances of the individual wythes, minutes

Values of $Rn^{0.59}$ for use in Equation 7-4 are given in Table 720.2.1.2(1). Calculated fire-resistance ratings are shown in table 720.2.1.2(2).

TABLE 720.2.1.2(1)
VALUES OF $R_n^{0.59}$ FOR USE IN EQUATION 7-4

TYPE OF MATERIAL	THICKNES OF MATERIAL (inches)											
	1-1/2	2.00	2-1/2	3.00	3-1/2	4.00	4-1/2	5	5-1/2	6	6-1/2	7
Siliceous aggregate concrete	5.3	6.5	8.1	9.5	11.3	13	14.9	16.9	18.8	20.7	22.8	25.1
Carbonate aggregate concrete	5.5	7.1	8.9	10.4	12	14	16.2	18.1	20.3	21.9	24.7	27.2c
Sand-lightweight concrete	6.5	8.2	10.5	12.8	15.5	18.1	20.7	23.3	26c	Note c	Note c	Note c
Lightweight concrete	6.6	8	11.2	13.7	16.5	19.1	21.9	24.7	27.8c	Note c	Note c	Note c
Insulating concrete (a)	9.3	13.3	16.6	18.3	23.1	26.5c	Note c	Note c	Note c	Note c	Note c	Note c
Air space (b)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

For SI: 1 inch = 25.4 mm, 1 pound per cubic foot= 16.02 kg/cm^3

a. Dry unit weight of 35 pcf or less and consisting of cellular, perlite, or vermiculite concrete.
b. The $R_n^{0.59}$ value for one ½" air space is 3.3. The $R_n^{0.59}$ value for two ½" to 3-1/2" air spaces is 6.7
c. The fire-resistance rating for this thickness exceeds 4 hours.

TABLE 720.2.1.2(2)
FIRE RESISTANCE RATINGS BASED ON $R^{0.59}$

Ra minutes	R 0.59
60	11.2
120	16.5
180	21.41
240	25.37

ANEXO 3: CLASIFICACION ACUSTICA (STC)

6.12.1 Sound Absorption

Sound absorption control involves reduction of sound emanating from a source within a room. The extent of control depends on the efficiency of the room surfaces in absorbing rather than reflecting sound waves. The amount of sound absorbed by concrete depends upon its porosity. Sound waves reaching a porous surface cause air to flow into and from the surface. The friction of the air flowing through the pores converts a portion of the sound energy to heat.

The sound absorption coefficient is an indication of the sound-absorbing efficiency of a surface. A surface that could theoretically absorb 100% of impinging sound would have a sound absorption coefficient of 1. Similarly, a dense, nonporous concrete surface (cast-in-place) typically absorbs 1 to 2% of incident sound and has a coefficient of 0.015. (Most materials are tested for sound absorption at frequencies from 125 to 4,000 cps in octave steps.) Another designator, termed the noise reduction coefficient (NRC), is calculated by taking a mathematical average of the sound absorption coefficients obtained at frequencies of 250, 500, 1000, and 2000 Hertz (cps). It is expressed to the nearest integral multiple of 0.05. Cast-in-place concrete would have an NRC ofO.02, while precast units with light-weight aggregates mar have an NRC of as high as 0.60. Where additional sound absorption is desired, cast-in-place concrete can be coated with spray-applied acoustical materials, acoustical tile can be applied with adhesive, or an acoustical ceiling can be hung below.

Many surfaces must be acoustically reflective, not absorptive, e.g., a band shell. Hard reflective surfaces on walls and ceiling near the stage in an auditorium serve as megaphones to direct sounds to the audience. Concrete is an excellent material for this use.

6.12.2 Sound Transmission Loss

Airborne sound reaching a wall, floor, or ceiling produces vibrations in the wall and is reradiated with reduced intensity on the other side. The ratio of sound pressure level on the source side to the sound pressure level on the reradiating side is known as the sound transmission loss (STL). The ratio is expressed in decibels, db.

Sound transmission loss measurements are made at 16 frequencies at one-third octave intervals covering the range from 125 to 4000 Hz (ASTM E90). Although test data are reported to a fraction of a decibel, a difference of three or less db is not especially significant because the human ear cannot detect a change in sounds less than three decibels. Single figure ratings are obtained by comparing plots of TL vs. frequency data to standard contours (STC con- tour) (ASTM E4I3). The matching system permits performance to fall below the contour to a degree that is limited in amount at any single test frequency and for all 16 frequencies. The highest contour meeting the requirements is selected. The sound transmission class, or STC rating, is the STL of the STC contour at 500 Hz. The STC provides a convenient means for comparing various systems of construction, but for specific applications the data at specific frequencies may be of greater importance.

The STL of a wall or a floor-ceiling assembly is a function of the weight, stiffness, and vibration damping characteristics. Weight is concrete's greatest asset when it is used as a sound insulator. Stiffness increases the sound transmission loss at low frequencies. But sometimes the stiffness-con- trolled region is below the lowest test frequency. Resonant and coincident frequencies frequently may be present in the critical range. At these frequencies the sound transmission loss is reduced-there are dips in the sound trans- mission loss curve. If a wall or floor is highly damped, the dips are smaller. Small changes in weight or stiffness can shift the critical frequencies. Such shifts can either eliminate or introduce overlaps. Significant changes then result in sound transmission at those frequencies. This in turn can produce large changes in STCs.

The weight per square foot of a simple wall or floor construction can be used as a guide for determining sound trans- mission loss. Sound transmission loss should increase 6 db when either the weight of the panel or the frequency is doubled. This is known as the mass law, weight law, or limp wall law. Unfortunately the frequency range over which the mass law controls the sound transmission loss of most concrete walls and floors is not as great as the range that is important for sound control (100 to 4000 Hz.)

When the STCs of numerous constructions are plotted against weight per square foot, a practical mass law curve is obtained, Fig. 6-56. Concrete floor slabs cast on steel supporting members such as fluted or cellular steel decks or metal lath over bar joists perform acoustically very much like plain structural concrete floor slabs. However, dips result in STCs about three points lower than those of slabs not cast on steel supports of equal total weight (lower bound).

When a single concrete wall is used as a sound barrier, it is sometimes desirable to provide a resilient connection between the wall and the building frame to reduce the sound transmission to adjacent walls, floors, and ceilings. A 5 to 7 db improvement can result. Usually a one-half inch fiber board will provide the desired isolation. When a resiliently mounted plaster or drywall surface finish is added lo a concrete wall or ceiling, the STL is further improved. The effect of various floor and ceiling treatments can be predicted from results of previous tests. Table 6-14 indicates typical improvements. The improvements are usually additive, but in some cases the total effect may be slightly less than the sum. It should also be noted that carpets and acoustical ceilings can further reduce the sound level by absorbing sound in source or receiving room.

The performance of a building section with an otherwise adequate STL can be seriously reduced by a relatively small hole or any other path that allows sound to bypass the wall. Common flanking paths are openings around doors, pipes, electric boxes, and air ducts. Suspended ceilings in rooms where walls do not extend from the ceiling to roof or floor above allow sound to travel to adjacent rooms.

6.12.3 Impact Noise

Footsteps, dragged chairs, dropped objects, slammed doors and plumbing generate impact noises. Even when airborne sounds are adequately controlled, there can be severe impact noise problems.

The test method used to evaluate systems for impact sound insulation is described in ASTM E492. For performance specification purposes the single number Impact Insulation Class (IIC) is used. The IIC of a floor-ceiling assembly is usually of the same magnitude as the STC.

IICs, like NRCs and STCs, should not be used as a complete substitute for performance data at specific frequencies. Sources of impact noise and acceptable noise spectra differ.

In general, thickness or weight per square foot of concrete does not greatly affect the transmission of impact sounds, as shown in the following table:

Thickness, in.	Unit Weight of Concrete, pcf	IIC
5	79 114 144	23 24 24
10	79 114 144	28 30 31

The most important floor construction or surface treatment items in the insulation of impact sounds are the resiliency, damping, and method of attachment to the frame. Structural concrete floors in combination with resilient materials effectively control impact sounds. One simple solution consists of good carpeting on resilient padding. The overall efficiency varies according to the characteristics of the carpeting and padding such as resilience, thickness, and weight. So-called resilient flooring materials such as linoleum, rubber, asphalt vinyl, vinyl asbestos, etc., are not entirely satisfactory directly on concrete, floor are parquet or strip wood floors when applied directly. Impact sounds also mar be controlled by providing a discontinuity in the structure such as would be obtained by adding a resiliently mounted plaster or drywa1l suspended ceiling or a floating floor consisting of a second layer of concrete cast over resilient pads, insulation boards, or mastic. The thickness of floating slabs is usually controlled by structural requirements; however, 8 lb/sq ft is adequate in most instances.

The improvements to be made to a bare concrete floor having an IIC of 24 by adding various materials or constructions are shown in Table 6-14. Solid connections between concrete floor slab, frame, and wall increase sound transmission at low frequencies. Impact sound can be reduced by soft joints between structural members or interior wal1s if structural stability is not impaired.

6.12.4 Vibration Isolation

The isolation of vibrations produced by equipment with unbalanced operating or starting forces can frequently be accomplished by mounting the equipment on a heavy concrete block placed on resilient supports. A slab of this type is called an inertia block. Inertia blocks can provide a desirable low center of gravity and

compensate for thrusts such as those generated by large fans. For equipment with less unbalanced weight, a "housekeeping" slab is sometimes used below the resilient mounts to provide a rigid support for the mounts and to keep them above the floor where they remain cleaner and easier to inspect. This slab may also be mounted on pads of pre-compressed glass fiber.

The natural frequency of the total load on resilient mounts must be well below the frequency generated by the equipment. The required weight of an inertia block depends on the total weight of the machine and the unbalanced force. For a long-stroke compressor, five to seven times its weight might be needed. FOI high-pressure fans, one to five times the fan weight is frequently sufficient. Simplified theory shows that for 90% vibration isolation a single resiliently supported mass should have a natural frequency about one-third the driving frequency. For 99% isolation the natural frequency should be one-tenth the driving frequency. Fortunately the natural frequency of a resiliently mounted mass is a function of the static deflection of the resilient supports; this makes determination of the natural frequency simple. A floor supporting resiliently mounted equipment must be stiff and heavy. If the static deflection of a floor supporting resilient mounts approaches the static deflection of the mounts, the floor then becomes a part of the vibrating system, and little vibration isolation is achieved. Therefore, floors supporting heavy rotating or reciprocating equipment often must be stiffer than floors designed to meet ordinary structural design criteria with floor deflection not more than about 1/6 or Y8 of mount deflections. For example: a 20-ft span, with the usual 1/360 of span deflection, will deflect 0.67 in. at maximum allowable load. This is the static deflection required of isolation mounts for 90% isolation of an 800 CPM machine. To obtain 90% isolation on such a floor the static deflection of the resilient mounts has to be increased by six to eight times. However, floors are seldom loaded to the design limits, and loading at center of span can often be avoided. With a moderate floor load good isolation is usually provided if the static deflection of the mounts is increased by an amount equal to 1/360 of the floor span.

Decibels	Sound
140	Jet plane takeoff
130	Threshold of discomfort
120	Riveting
110	Thunder - sonic boom
100	Hard rock band
90	Power lawnmower
80	Pneumatic jackhammer
70	Noisy office
60	Average radio
50	Normal conversation
40	Quiet street
30	Quiet conversation
20	Whisper at 4 ft.
10	Normal breathing
3	Threshold of audibility